DOI 10.31489/2023Ped1/169-175

УДК 544.42+519.242.7

Г.Т. Кокибасова[1*], В.Н. Фомин[1], Д.С. Токмагамбетов [1,2], Т.М. Садыков[1]

[1]Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;
[2]Школа № 77, Караганда, Казахстан
(*Корреспондирующий автор. E-mail*: kokibasova@mail.ru*)

Разработка контента и интерфейса программного тренажера по курсу «Неорганическая химия» и исследование его эффективности

Цель нашего исследования — разработка и исследование эффективности интерактивной системы программированного обучения по неорганической химии в средней школе на базе персональных компьютеров с *Windows* и смартфонов *Android*. Для достижения цели эксперимента на основе материала книги И. Нентвига «Химический тренажер» нами было разработано содержание курса для программированного обучения химии в средней школе. Содержание учебника, в целом, соответствует современной школьной программе. Анализ структуры заданий позволяет установить, что в подходе Нентвига сочетаются линейный и разветвленный алгоритмы. Это позволяет добиться адаптивности материала и получения индивидуальных траекторий каждым обучающимся. На основе данного материала разработан интерфейс приложения, автоматизирующего изучение материала книги «Химический тренажер». Создана база данных с заданиями. Для создания базы данных использовался открытый бесплатный формат *SQLite3*. Ввод данных в базу осуществлялся путем копирования распознанного сканированного текста учебника в специальную форму разработанного приложения. Создана работоспособная тестовая версия приложения, реализующего задуманный функционал. Приложение прошло испытание в школе. Результаты анализа логов приложения и анкет участников показали, что разработанный комплекс вполне может применяться при изучении химии в школе. На основании результатов проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что программированное обучение при изучении отдельных тем основного курса неорганической химии позволит повысить успешность усвоения учебного материала учащимися.

Ключевые слова: химия, методика, программированное обучение, программный тренажер, контент, интерфейс, отзывы учащихся, вовлеченность учащихся.

Введение

Одной из основных задач современного образования является поиск путей повышения активности учащихся, их реальной вовлеченности в учебный процесс. Главными характеристиками выпускника любого образовательного учреждения являются его компетентность и мобильность. В аспекте современных проблем гуманизации, фундаментализации, информатизации образования, внедрения в него систем дистанционного обучения на основе информационных и коммуникационных технологий программированное обучение заслуживает основательного изучения и критически-творческого использования.

В сегодняшнем мире, где доминируют наука и технологии, преподавание естественных наук может быть реализовано с помощью программированного обучения. Конструирование такого ресурса может привести к успешной реализации совершенствования химического образования в школах и поэтому актуальна [1]. Об этом свидетельствуют работы многих исследователей. Согласно Чену-Лин, программированное обучение необходимо использовать во многих учебных заведениях, поскольку оно обеспечивает мгновенное получение знаний и обратную связь, а также улучшенное индивидуальное обучение математике [2]. Курбаноглу, Таскесенлигил и Созбилир сравнили эффективность программированного обучения с традиционным подходом к преподаванию стериохимии, а также выяснили, влияет ли пол как-либо на успехи учащихся. Кроме того, было обнаружено, что студентки-девушки достигли лучше результатов, чем студенты-мужчины в экспериментальной группе. Их результаты показывают, что программированное обучение превосходит традиционное чтение лекций в преподавании стериохимии [3]. Зендлер и Рейл провели эмпирическое исследование результатов обучения с использованием двух методов обучения, а именно программированного обучения и совместного обучения. Их эмпирические результаты показывают, что обучение с помощью программированных фрагментов превосходит совместное обучение [4]. Икрам и Асим исследовали взаимосвязь между программированным и традиционным обучением в средних школах г. Карачи. Среди участников были преподаватели средних школ мужского и женского пола, преподающие различные предметы. В этом

исследовании была обнаружена положительная и умеренно-высокая корреляция (r= 0,693) между программированным обучением и традиционным обучением [5].

Программированный подход в обучении используется в курсах химии в высших учебных заведениях, но в школьном образовании наличие таких программ отсутствует. При нынешних реформах в образовании, предоставляющих шанс самостоятельного контроля, разработка содержания программированного курса может стать фундаментом для различных специальных, учебно-методических курсов по химии, в чем заключается его практическая значимость, а также может быть внедрен в практику работы школ и использован в реконструкции школьных образовательных программ.

Цель нашего исследования — разработка и исследование эффективности интерактивной системы программированного обучения по неорганической химии в средней школе на базе персональных компьютеров с *Windows* и смартфонов *Android.* Для достижения цели эксперимента на основе материала книги И. Нентвига «Химический тренажер» [6] нами была разработана программа для ЭВМ «Nentwig» и получено авторское свидетельство [7].

В данной работе приведены результаты разработки контента, интерфейса программного тренажера по курсу «Неорганическая химия» по теме «Строение атома» и их дальнейшая апробация в школе.

В ходе исследования проверялась следующая гипотеза. Повышение эффективности школьного образования в области химии будет успешно осуществлено, если:

– будет разработан программированный курс по химии с учетом обновленного содержания;

– будут учтены индивидуально-психологические особенности учащихся, что увеличит вероятность более глубокого усвоения научных основ химии.

В настоящее время программированные курсы/учебники находятся в стадии экспериментальной разработки и ещё не вошли в повседневную практику обучения. Это объясняется в значительной мере тем, что создание такого учебного ресурса представляет собой чрезвычайно трудоёмкий процесс. Новизна данной работы обусловлена отсутствием соответствующих программированных материалов по курсу неорганической химии как на государственном, так и на русском языке.

Методы и материалы

Программированный курс отличается от других типов учебников построением учебного текста. Ученику в тексте программированного тренажера предлагается не только некоторая информация, но и даётся система заданий, выполнение которых должно обеспечить усвоение как самой информации, так и способов её использования на практике. За основу контента компьютерного тренажёра был принят классический учебник И. Нентвига «Химический тренажёр: Программированное пособие для средней школы». Содержание учебника, в целом, соответствует современной школьной программе [8]. Анализ структуры заданий позволяет установить, что в подходе Нентвига сочетаются линейный и разветвленный алгоритмы. Это позволяет добиться адаптивности материала и получения индивидуальных траекторий каждым обучающимся. Вместе с тем разнообразие типов заданий усложняет логику компьютерной обработки материала при интеграции его в программу, разрабатываемую для автоматизации обучения по этой книге.

Разработка приложения проводилась с использованием *Embarcadero Delphi 10.3 Rio Community Edition,* лицензия которой позволяет бесплатное распространение.

Для создания базы данных использовался открытый бесплатный формат *SQLite3*. Ввод данных в базу осуществлялся путем копирования распознанного сканированного текста учебника в специальную форму разработанного приложения. При вводе корректировались ошибки распознавания текста, материал проверялся на соответствие современным представлениям.

Программированное обучение основано на серии малых шагов, называемых фреймами. Каждый фрейм содержит некоторую информацию и утверждение с пропуском, который заполняет учащийся, или вопрос с несколькими вариантами ответов, на которые учащийся должен дать ответ. Затем учащийся открывает правильный ответ, прежде чем перейти к следующему фрейму. Если ответ ученика был правильным, это положительно подкрепляется переходом к следующему фрейму. В противном случае ученик сразу видит правильный ответ или будет направлен на корректирующий фрейм для полного освоения информации. Каждый фрейм может вводить либо новую идею, либо повторять ранее изученный материал. Уроки начинаются с начальных знаний учащегося и небольшими шагами переходят к конечной цели обучения. Благодаря активному участию учеников, малым шагам, немедленной обратной связи и подкреплению программированное обучение может быть очень эффективным [9]. Полученные данные в ходе нашего педагогического эксперимента приведены в виде сравнительных

гистограмм, а также проведен математический анализ ANCOVA с использованием SPSS (статистический пакет для социальных наук), с уровнем значимости установленным на 0,05.

Результаты и их обсуждение

Для использования материала выбранного учебника в компьютерной программе задания (рубрики) были разделены на 3 основных вида:

1. Рубрика, не требующая ответа пользователя. После ознакомления — переход к следующей рубрике.

2. Рубрика, требующая выбора ответа из предложенных (ветвление). Ознакомление, выбор ответа, переход к следующей рубрике, номер которой определяется ответом.

3. Рубрика, требующая ввода текстового ответа или рисунка. После ввода ответа осуществляется переход к следующей рубрике для проверки правильности.

Дополнительно, любой из типов заданий может содержать рисунок, или не содержать его. Если задание может быть последним в программе. Тогда оно не требует ввода ответа и не содержит перехода к следующей рубрике. С учетом специфики заданий была разработана структура базы данных, и алгоритм для загрузки рубрики в главное окно программы (рис. 1).

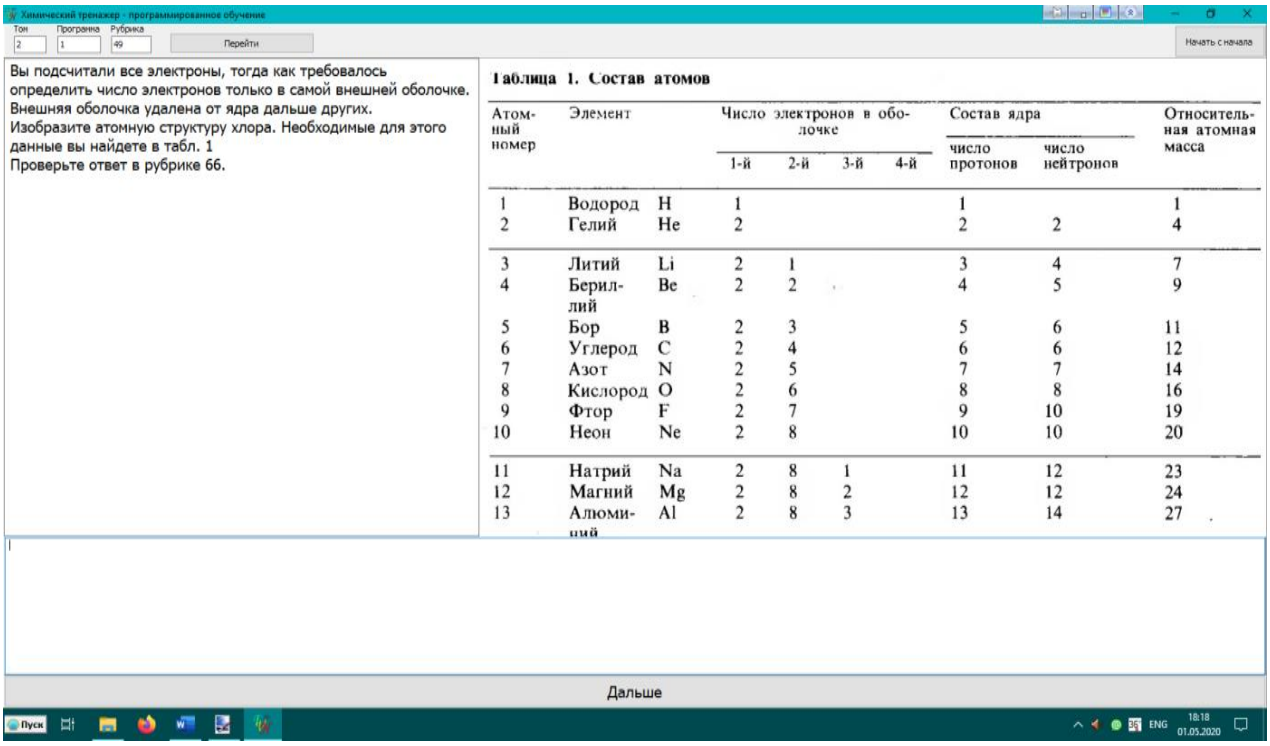

Рисунок 1. Главное окно разработанного приложения

Интерфейс разрабатываемого приложения, по нашему мнению, должен включать диалоговые формы авторизации/регистрации (для отслеживания индивидуального хода обучения) и визуализации заданий. Первая формы была сделана простой и традиционной, чтобы максимально упростить процедуру.

Процедуры регистрации и авторизации необходимы для сохранения (и последующего оценивания, при необходимости) индивидуального прогресса учащегося. Данные заносятся в отдельную базу, редактирование которой «вручную» не предусмотрено (рис. 2).

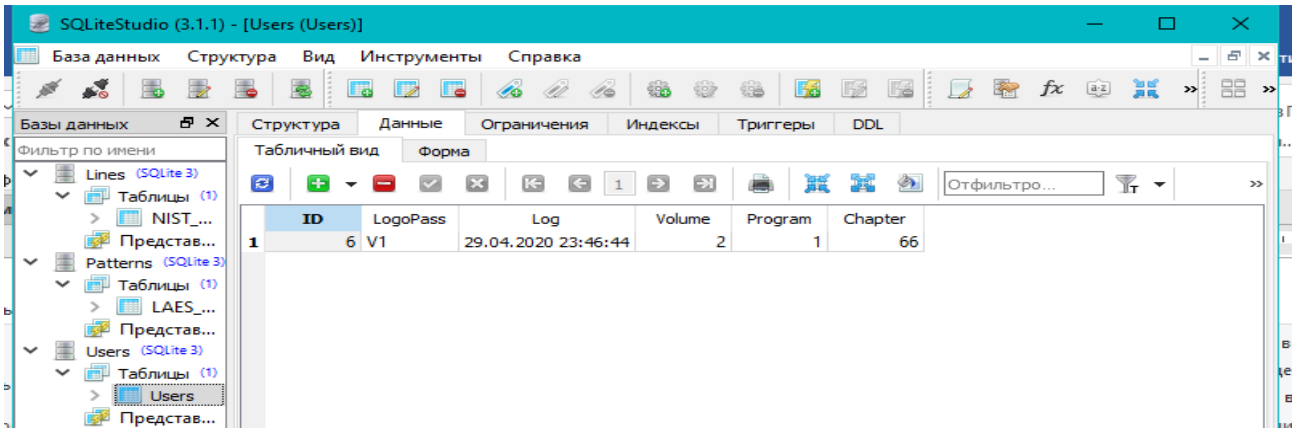

Рисунок 2. База данных пользователей

Приложение содержит также форму редактирования базы данных заданий, вызываемую секретным сочетанием клавиш. Поскольку база содержит сканированный текст, редактирование может понадобиться для коррекции ошибок, форматирования и т.д. Прием вызова этой формы усложнен, так как прямой доступ учеников к базе не желателен. На этапе создания базы данных заданий эта форма применялась для её заполнения.

В программном тренажере можно выделить три вида заданий:

1. Задания с выбором одного ответа из нескольких.
2. Задания с ответом путем ввода текста.
3. Переход без условия.

Программа сохраняет запись действий пользователя — лог — в базе данных. Анализ лога может быть произведен преподавателем для оценки или же для консультативной помощи.

Для тестирования программы была выбрана экспериментальная группа 11 «В» и контрольная 11 «А» классы КГУ «ОКШДС № 77» г. Караганды. Всего 54 ученика. В качестве предварительного теста применялся общий тест успеваемости по данной дисциплине, специально разработанный для данного исследования. Каждый класс был разделен на две группы, экспериментальную (Э 1 и Э 2) и контрольную (К 1 и К 2). Был проведен независимый выборочный (*t*-тест) общий тест успеваемости, состоящий из 28 вопросов по темам химии первого раздела третьей четверти 11-го класса. Задания теста были разработаны с использованием литературы и учебников, по которым обучались ученики. В результатах не было обнаружено статистически значимой разницы между оценками учащихся. Среднее значение результатов: Э1–72,14 %; Э2–74,42; К1–73,90 % и К2–72,14 %.

Программированный курс был разработан с учетом тем 11-го класса «Строение атома, Периодический закон и периодическая система химических элементов». Всего было подготовлено 25 фреймов, охватывающих концепции и принципы химии в соответствии с типовым учебным планом. Образцы программированных фреймов показаны на рисунке 3.

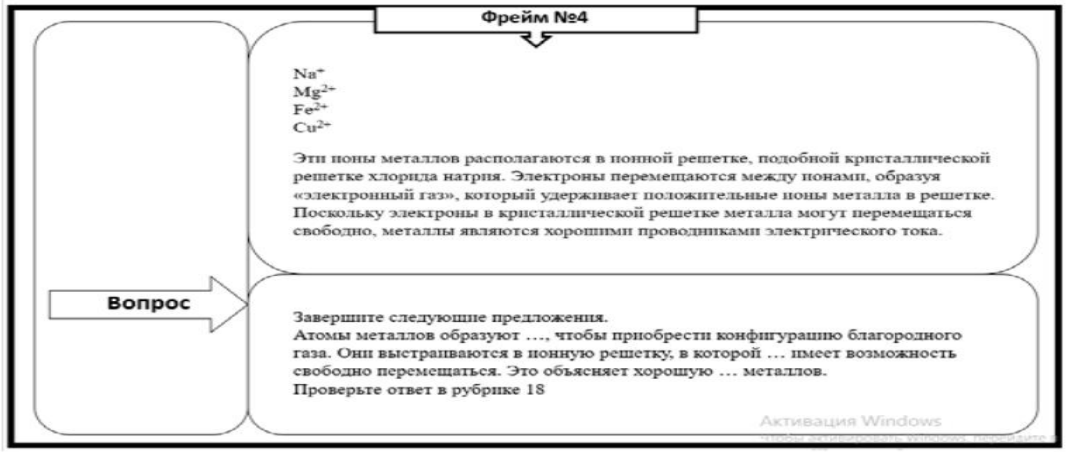

Рисунок 3. Образец фрейма программированного тренажера

Эксперимент был завершен в общей сложности за восемь академических часов за четыре недели (два академических часа в неделю). Обучение учащихся в контрольных группах, как и в предыдущие годы, велось традиционным способом, в основном включающем лекции и семинары, использование интерактивных презентаций. В экспериментальной группе лекций не было, каждый учащийся получал программированный тренажер по данным темам. Когда ученик завершал один фрейм, ему предъявлялся следующий, таким образом скорость продвижения или прогресса зависела от самих учащихся. При этом скорость учеников колебалась от 3 до 8 фреймов за каждый урок (40 мин). Преподаватель больше исполнял роль тьютора (наставника), нежели роль инструктора, руководя учащимися в использовании фреймов и помогая в тех местах, где ученикам требовались объяснения и дополнительная помощь. Таким образом, все ученики были активно вовлечены в учебный процесс, и каждый ученик имел возможность изучать химию в своем темпе. По окончании эксперимента, в качестве пост-теста, ученики написали суммативное оценивание за раздел (СОР). Средние баллы учеников экспериментальной группы были выше, чем в контрольной группе в итоговом тесте, в то время как их баллы были одинаковыми в предварительном тесте успеваемости. Экспериментальные данные можно наглядно показать с помощью сравнительных гистограмм (рис. 4).

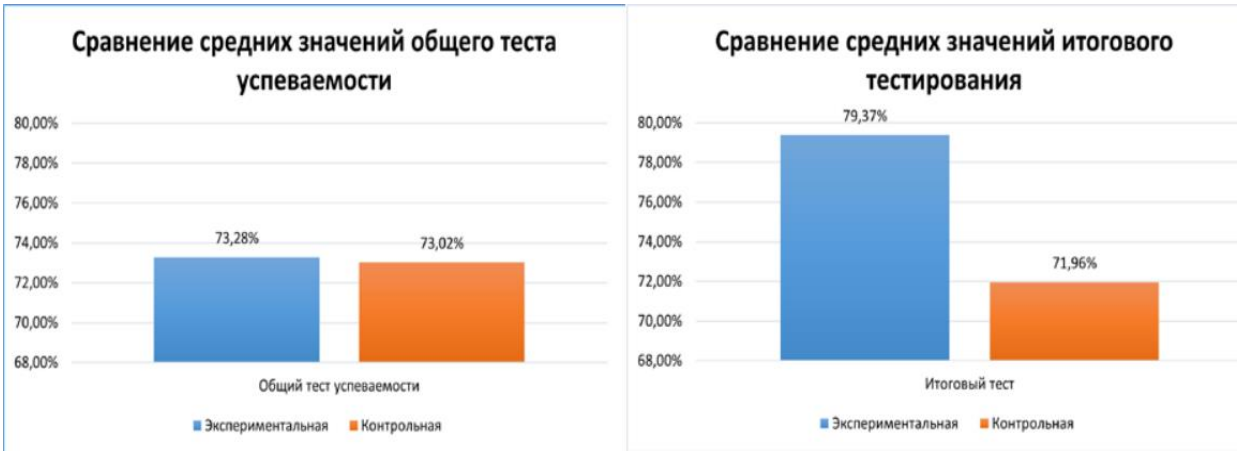

Рисунок 4. Сравнение значений результатов тестов

Математический анализ ANCOVA с использованием SPSS (статистический пакет для социальных наук), с уровнем значимости установленным на 0,05, указывает на значительную разницу результатов итогового теста разных групп ($p< 0,05$).

По завершению тестирования учащимся была предложена анкета для оценки приложения, его содержания, и общего отношения к программированному обучению. Результаты анкетирования показали, что большинство учеников участвовали в эксперименте весьма заинтересованно. Интерфейс программы некоторым показался не вполне удобным, но большинство оценило его как хороший. Процедура программированного обучения оказалась интуитивно понятной ученикам. Все анкетированные выразили мнение, что метод программированного обучения следует чаще использовать в школе.

Заключение

На основании результатов проведенного эксперимента можно сделать вывод о том, что применение тренажера с элементами программированного обучения при изучении отдельных тем основного курса химии позволило повысить успешность усвоения учебного материала учащимися. Проведенный опрос показал, что элемент новизны метода и непосредственное участие в эксперименте оказывали сильнейшее влияние на мотивацию учащихся, что положительно сказалось на ходе эксперимента. При разработке программированного тренажера необходимо руководствоваться дидактическими принципами обучения. В зависимости от уровня обучаемости группы, преподавателю может потребоваться вносить изменения в структуру программ, что является несомненным преимуществом данного метода обучения.

Для достижения цели эксперимента на основе материала книги «Химический тренажер» нами было разработано содержание курса для программированного обучения химии в средней школе. На основе данного материала разработан интерфейс приложения, автоматизирующего изучение

материала книги «Химический тренажер». Создана база данных с заданиями. Разработана работоспособная тестовая версия приложения, реализующего задуманный функционал. Приложение прошло испытание в школе. Результаты анализа логов приложения и анкет участников показали, что разработанный комплекс вполне может применяться при изучении химии в школе.

Для разработчиков будущего тренажера в качестве методической рекомендации можно предложить следующее: дифференцируя материал для программированного обучения, стоит обратить внимание на то, чтобы занятия не были перенасыщены теорией или изображениями, учитывая потребность учащихся в той или иной форме предоставления информации. Даже при применении программного средства можно снизить мотивацию у учащихся, если перенасытить его элементами дизайна. Внешний вид программы должен соответствовать возрастным и индивидуальным особенностям обучающихся. К примеру, серый фон в дизайне тренажера наведёт тоску, снижая эмоциональный фон. В число характеристик внешнего вида также можно включить и эргономическую характеристику тренажера, то есть удобство использования. Поиск применяемых объектов по экрану не способствует развитию у учащихся вовлеченности в процесс обучения. Кнопки и другие управляющие элементы требуется делать выделяющимися на общем фоне, но не слишком броскими.

Список литературы

1 Teoh S. ICT versus Conventional Teaching and Learning Approach in Education: An Overview of Advantages and Disadvantages / S. Teoh, C. Chee Keong, Z. Nerda // The 2nd Young Researchers' Quantitative Symposium. — 2019. — P. 26– 31.

2 Chen-Lin C. Kulik Programmed Instruction in Secondary Education: A Meta-Analysis of Evaluation Finding / Chen-Lin C. Kulik, Barbara J. Schwalb & James A. Kulik // The Journal of Educational Research. — 1982. — 5(3). — P. 133-138.

3 Kurbanoglu N.I. Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry / N.I. Kurbanoglu, Y. Taskesenligil, M. Sozbilir // Chem. Educ. Res. Pract. — 2006. — 7 (1). — P. 13-21.

4 Zendler A. The effect of reciprocal teaching and programmed instruction on learning outcome in computer science education / A. Zendler, S.Reile // Studies in Educational Evaluation. — 2018. — 5. — P. 132–144.

5 Ikram I. Correlation between Programmed Learning and Metacognition: A Study on Experiential Learning Perspectives of Secondary School Teachers / I. Ikram, M. Asim // International Journal of Experiential Learning & Case Studies. — 2019. — 4(2). — P.332–345.

6 Нентвиг И. Химический тренажер. Программированное пособие для средней школы: [В 2-х ч.]. — Ч. II / Й. Нентвиг, М. Кройдер, К. Моргенштерн; пер. с англ. — М.: Мир, 1986. — 535 с.

7 Токмагамбетов Д.С. Программа для ЭВМ «Nentwig» / Д.С. Токмагамбетов, В.Н. Фомин // Свидетельство о внесении в Государственный реестр прав на объекты, охраняемыми авторским правом. — № 11978. — 2020. — 11 сент.

8 Темиров Д.Е. Программированный курс химии как эффективный метод обучения в средней образовательный школе / Д.Е. Темиров, Г.Т. Кокибасова // Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные направления развития науки и образования в области естествознания». — Алматы, 2022. — С.422–427.

9 Комарова Е.А. Современные формы обучения в подготовке будущих специалистов / Е.А. Комарова // Всерос. пед. журн. «Познание». — 2016. — № 11. — С.100–109.

Г.Т. Кокибасова, В.Н. Фомин, Д.С. Токмагамбетов, Т.М. Садыков

«Бейорганикалық химия» курсы бойынша бағдарламалық тренажердің контенті мен интерфейсін әзірлеу және оның тиімділігін зерттеу

Зерттеудің мақсаты — *Windows* дербес компьютерлері мен *Android* смартфондары негізінде орта мектепте бейорганикалық химия бойынша бағдарламаланған білім берудің интерактивті жүйесін әзірлеу және оның тиімділігін зерттеу. Эксперимент мақсатына жету үшін И. Нентвигтің «Химиялық тренажер» кітабының материалы негізінде орта мектепте химияны бағдарламалап оқыту курсының мазмұны әзірленді. Оқулықтың мазмұны жалпы алғанда қазіргі мектеп бағдарламасына сәйкес келеді. Тапсырма құрылымын талдау Нентвигтің тәсілі сызықтық және тармақталған алгоритмдерді біріктіретінін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл материалдың бейімделуіне және әр оқушыға жеке траектория алуға болады. Осы материалдың негізінде «Химиялық тренажер» кітабының материалын зерттеуді автоматтандыратын қосымшаның интерфейсі жасалды. Тапсырмалары бар мәліметтер базасы құрылды. Мәліметтер базасын құру үшін ашық тегін SQLite3 форматы қолданылды. Мәліметтер базасына деректерді енгізу оқулықтың танылған сканерленген мәтінін әзірленген қосымшаның арнайы формасына көшіру арқылы жүзеге асырылды. Жоспарланған функционалдылықты жүзеге асыратын қосымшаның жұмыс істейтін сынақ нұсқасы жасалды. Қосымша мектепте сынақтан өтті. Қосымшаның журналдары мен

қатысушылардың сауалнамаларын талдау нәтижелері дамыған кешенді мектепте химияны оқуда қолдануға болатындығын көрсетті. Эксперименттің нәтижелері бейорганикалық химияның негізгі курсының жекелеген тақырыптарын зерделеу кезінде бағдарламаланған оқыту элементтерін қолдану оқушылардың оқу материалын игеру жетістігін арттыруға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: химия, әдістеме, бағдарламаланған оқыту, бағдарламалық тренажер, контент, интерфейс, оқушылардың пікірлері, оқушылардың құштарлығы.

G.T. Kokibasova, V.N. Fomin, D.S. Tokmagambetov, T.M. Sadykov

Development of the content and interface of the software simulator for the course “Inorganic Chemistry” and study of its effectiveness

The purpose of our research is to develop and study the effectiveness of an interactive system of programmed teaching in inorganic chemistry in secondary schools, based on personal computers with Windows and Android smartphones. To achieve the goal of the experiment, based on the material of the book by Nentwig I. “Chemical Simulator”, we developed the course content for programmed chemistry teaching in secondary school. The content of the textbook generally corresponds to the modern school curriculum. The analysis of the task structure allows us to establish that the Nentwig approach combines linear and branched algorithms. This makes it possible to achieve adaptability of the material and obtain individual trajectories for each of the students. Based on this material, an application interface has been developed that automates the study of the material of the book “Chemical Simulator”. A database with tasks has been created. An open free SQLite3 format was used to create the database. Data entry into the database was carried out by copying the recognized scanned text of the textbook into a special form of the developed application. A workable test version of the application that implements the intended functionality has been developed. The application passed the test at school. The results of the analysis of application logs and questionnaires of participants showed that the developed complex can be used in the study of chemistry at school. Based on the results of the experiment, it can be concluded that programmed learning in the study of individual topics of the basic course of inorganic chemistry will increase the success of the assimilation of educational material by students.

Keywords: chemistry, methodology, programmed learning, a software simulator, content, interface, student feedback, student engagement

References

1 Teoh S., Chee Keong C., & Nerda Z. (2019). ICT versus Conventional Teaching and Learning Approach in Education: An Overview of Advantages and Disadvantages. *The 2nd Young Researchers' Quantitative Symposium,* 26– 31.

2 Chen-Lin C. Kulik, Barbara J. Schwalb & James A. Kulik (1982). Programmed Instruction in Secondary Education: A Meta-Analysis of Evaluation Finding. *The Journal of Educational Research, 5(3),* 133-138.

3 Kurbanoglu, N.I., Taskesenligil, Y., & Sozbilir, M. (2006). Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. *Chem. Educ. Res. Pract, 7(1),* 13-21.

4 Zendler, A., & Reile, S. (2018). The effect of reciprocal teaching and programmed instruction on learning outcome in computer science education. *Studies in Educational Evaluation, 5,* 132–144.

5 Ikram, I., & Asim, M. (2019). Correlation between Programmed Learning and Metacognition: A Study on Experiential Learning Perspectives of Secondary School Teachers. *International Journal of Experiential Learning & Case Studies, 4(2),* 332–345.

6 Nentvig, I., Krojder, M., & Morgenshtern, K. (1986). Khimicheskii trenazher: Programmirovannoe posobie dlia srednei shkoly [Chemical Simulator: A programmed manual for secondary school]. Moscow: Mir [in Russian].

7 Tokmagambetov, D.S., & Fomin, V.N. (2020). Programma dlia EVM «Nentwig». Svidetelstvo o vnesenii v Gosudarstvennyi reestr prav na obekty, ohraniaemymi avtorskim pravom №11978 ot 11 sentiabria 2020 goda [The computer program “Nentwig”. Certificate of entry into the state register of rights to objects protected by copyright No. 11978 dated September 11, 2020] [in Russian].

8 Temirov, D.E., & Kokibasova, G.T. (2022). Programmirovannyi kurs khimii kak effektivnyi metod obucheniia v srednei obrazovatelnoi shkole — A programmed chemistry course as an effective method of teaching in a secondary educational school: *sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Aktualnye napravleniia razvitiia nauki i obrazovaniia v oblasti estestvoznaniia» — Collection of scientific works of international scientific and practical conference “Current directions of the development of science and education in the field of natural science”.* Almaty [in Russian].

9 Komarova, E.A. (2016). Sovremennye formy obucheniia v podgotovke budushchikh spetsialistov [Modern forms of education in the training of future specialists]. *Vserossiiskii pedagogicheskii zhurnal «Poznanie», 11,* 100–109 [in Russian].