

ИННОВАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

УДК 372.016;54+373

DOI: 10.15293/1812-9463.2103.07

Качалова Галина Семеновна

Кандидат педагогических наук, доцент, профессор кафедры химии Института естественных и социально-экономических наук, Новосибирский государственный педагогический университет, г. Новосибирск. E-mail: kachalova_gs_met@list.ru

ХИМИЧЕСКАЯ ГРАМОТНОСТЬ КАК КОМПОНЕНТ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ¹

Статья посвящена проблеме формирования химической грамотности обучающихся образовательной школы. Показано, что химическая грамотность является компонентом естественно-научной грамотности, которая рассматривается как проявление функциональной грамотности. В статье анализируется содержание заданий международного исследования естественно-научной грамотности PISA из открытого банка заданий. Было установлено, что в заданиях преобладает контекст, связанный с содержанием наук о физических системах – физики, географии, геологии, но практически не представлено содержание, связанное с химией. В литературе имеется достаточное число отдельных публикаций, в которых описываются разные приёмы формирования химической грамотности. В качестве инструмента формирования и оценки сформированности химической грамотности используются задания формата PISA. Но отсутствуют методические рекомендации для учителей химии, включающие описание технологии разработки заданий в формате PISA и наборы таких заданий. В качестве инновационного компонента предложена методика составления заданий по химии в формате PISA в рамках системного и компетентностного подходов.

Ключевые слова: естественно-научная грамотность, химия, химическая грамотность, методика обучения химии, компетенция, системный подход, компетентностный подход, компетентностные и ситуационные задания, методические рекомендации.

Kachalova Galina Semenovna

*Candidate of pedagogical sciences, Assistant Professor, Professor of the Department of Chemistry of Institute of natural and socio-economic sciences, Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk.
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8266-7017>
E-mail: kachalova_gs_met@list.ru*

CHEMICAL LITERACY AS A COMPONENT OF THE NATURAL SCIENTIFIC LITERACY OF STUDENTS

The article is devoted to the problem of the formation of chemical literacy of students of an educational school. It is shown that chemical literacy is a component of natural science

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства просвещения РФ в рамках исполнения государственного задания № 073-00072-21-01 по проекту «Методика развития естественнонаучной грамотности у обучающихся на уроках физики, математики, химии, биологии и др.».

literacy, which is considered as a manifestation of functional literacy. The article analyzes the content of the tasks of the international research of natural science literacy PISA from the open bank of tasks. It was found that the tasks are dominated by the context associated with the content of the sciences of physical systems – physics, geography, geology, but practically no content related to chemistry is presented. The literature contains a sufficient number of individual publications that describe different methods of forming chemical literacy. PISA tasks are used as a tool for the formation and assessment of the formation of chemical literacy. But there are no guidelines for chemistry teachers, including a description of the technology for developing tasks in the PISA format and sets of such tasks. As an innovative component, a methodology for preparing tasks in chemistry in the PISA format within the framework of the systemic and competency-based approaches is proposed.

Keywords: natural science literacy, chemistry, chemical literacy, methods of teaching chemistry, competence, systems approach, competence-based approach, competence-based and situational tasks, guidelines.

Проблема формирования естественно-научной грамотности обучающихся актуальна для всех уровней образования. Уже в начальной школе идёт работа по формированию у младших школьников функциональной грамотности. Разрабатывается методика развития предметных компонентов функциональной грамотности: языковой, литературной, математической и естественно-научной [3]. Основная работа по формированию естественно-научной грамотности осуществляется в рамках таких учебных предметов, как биология, физика, химия (5–11 классы), причём необходимо организовывать согласованное взаимодействие учителей физики, химии и биологии [13]. Но важно продолжать эту работу и в высшем учебном заведении, о чём свидетельствуют отдельные публикации [6; 9].

Как отмечается в докладе Федерального института оценки качества образования и Института стратегии развития образования РАО об итогах международного исследования естественно-научной грамотности в рамках программы PISA (Programme for International Student Assessment), под естественно-научной грамотностью понимается «способность человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественными науками, и его готовность интересоваться естественно-науч-

ными идеями. Естественнонаучно грамотный человек стремится участвовать в аргументированном обсуждении проблем, относящихся к естественным наукам и технологиям, что требует от него следующих компетентностей: научно объяснять явления, оценивать и планировать научные исследования, научно интерпретировать данные и доказательства».

В международных сравнительных исследованиях естественно-научной грамотности обучающихся PISA применяются комплексные задания, ориентированные на выявление действий, которые способен выполнять научно грамотный человек. Эти действия объединяются в соответствующие компетенции: научное объяснение явлений, применение методов естественно-научного исследования и интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов. При выполнении заданий обучающиеся могут продемонстрировать знание содержания, относящегося как к физическим системам (физика и химия), так и к живым системам (биология), а также к наукам о Земле и Вселенной (география, геология, астрономия). Задания ориентированы на знание методов получения научного знания, на то, как научные представления становятся следствием применения научных методов исследования, на по-

нимание различий между теорией, гипотезой и другими понятиями.

Задания PISA оценивают, «насколько успешно компетенции естественнонаучной грамотности применяются к реальным проблемам и ситуациям – актуальным, но выходящим за пределы содержания учебных программ по естественнонаучным предметам» [11, с. 92].

Контекст заданий может быть различным – связанным со здоровьем человека, природными ресурсами, с окружающей средой, наукой и технологиями, а также с опасностями и рисками. Ситуации, которые описываются в заданиях, могут носить личный, местный/национальный или глобальный характер.

В открытом банке заданий для исследования естественно-научной грамотности PISA-2015 были представлены 8 комплексных заданий, объединивших 36 вопросов, позволяющих выявить уровень сформированности указанных компетенций. При этом большая часть вопросов касается интерпретации научных фактов (19) и их объяснения (13), только 4 вопроса требуют применения знаний о методах исследования. В заданиях чаще описываются ситуации, связанные с природными ресурсами, окружающей средой, здоровьем человека, опасностями и рисками местного/национального уровня. Преобладают вопросы среднего когнитивного уровня (61 %). Формат ответов на поставленные вопросы различный: выбор одного ответа из нескольких предложенных, множественный выбор и открытые ответы, проверяемые экспертами или компьютерной программой. Примерно половина вопросов (17) направлены на проявление знаний научного содержания: 5 вопросов относятся к живой природе (биология; в PISA 40 % заданий относится к «живым системам» [11]), 8 вопросов – к физическим системам (физика), 4 вопроса – к наукам о Земле и Вселенной, 19 вопро-

сов касаются процедуры и знания разнообразных методов, используемых для получения научного знания и исследовательских процедур.

Химические знания в рассмотренных заданиях практически отсутствуют. Только в задании «Ископаемые виды топлива» называется углекислый газ и указывается его молекулярная формула, а в задании «Голубая» электростанция» говорится о молекулах воды, проходящих через мембрану, разделяющую солёную и пресную воду, вследствие чего меняется концентрация раствора соли. Предполагается, что обучающиеся (а проверяются знания школьников 5–7 классов) уже должны знать, что такое концентрация и как она изменяется при добавлении молекул воды в солёную воду, т. е. при разбавлении раствора, и уменьшении количества молекул воды в пресной воде, т. е. при концентрировании раствора соли. Отметим, что растворы и способы выражения концентрации растворов специально изучаются в курсе химии 8-го класса, но пропедевтика этих вопросов возможна в курсе физики, предшествующем курсу химии. Данные примеры иллюстрируют необходимость и важность установления межпредметных связей физики и химии в формировании естественно-научной грамотности.

Естественно-научная грамотность, являясь одной из составляющих функциональной грамотности, обязательно должна включать в себя так называемую химическую грамотность, формируемую средствами учебного предмета «Химия». Химия, как учебный предмет, позволяет овладеть умениями объяснять и оценивать явления окружающего мира на основании знаний и опыта путём установления связи между реально наблюдаемыми химическими явлениями и процессами, происходящими в макро- и микромире, объяснять причины многообразия веществ. На уроках хи-

мии обучающиеся должны научиться выделять проблемы и выдвигать гипотезы, проводить несложные эксперименты и представлять их результаты в форме выводов, доказательств, графиков и таблиц. При этом обучающиеся должны приобретать навыки работы с различными источниками научной и научно-популярной информации по химии, в том числе представленной в интернете. Результатом изучения химии должна стать сформированность системы химических знаний общеобразовательного и познавательного значения, включающая важнейшие химические понятия, законы и теории химии; представления о методах познания веществ и реакций, а также мировоззренческие представления о причинности и системности химических явлений [16; 18; 19]. Указанные результаты могут быть достигнуты при наличии у обучающихся целого комплекса универсальных учебных действий, при формировании которых должен использоваться именно научный метод, причем именно системно [5].

Основой инструментария для формирования химической грамотности и, соответственно, функциональной грамотности, должны стать специальные познавательные задания – компетентностные (ситуационные и контекстные) [20]. По мнению Е. В. Миренковой, создание таких заданий «следует начинать с поиска знакомых школьникам и доступных для их понимания химических объектов в окружающей человека действительности. Объектами изучения химии являются вещества и химические процессы. Их следует вычленять из многообразного материального мира. Далее объекты изучения необходимо включать в проблемные ситуации, требующие разрешения. Описание таких ситуаций с требованием ответа и составляет задание» [10, с. 16]. Заметим, что в данном ключе и составляется инструментарий PISA [14].

Сотрудники лаборатории естественно-научного образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО» отмечают, что цели использования заданий по естественно-научной грамотности в учебном процессе могут быть различными: либо это диагностическая цель, включая обычный контроль, либо цель формирования соответствующих умений, поскольку «в зависимости от выбора цели будут различаться как формы работы с заданиями, так и способы оценивания результатов учащихся» [15, с. 178]. Причем при достижении формирующей цели использования заданий способы включения заданий по естественно-научной грамотности в учебный процесс более разнообразны [7; 12; 14]. Разнообразны и технологии обучения, в которые органично включаются задания по естественно-научной грамотности. Например, предлагается включать такие задания в учебные кейсы [2]. Обосновывается идея о разработке и реализации специального учебного курса по формированию функциональной грамотности учащихся на предмете химии с применением заданий формата PISA [17]. Но пока ещё нет достаточно полного методического пособия для учителей химии, в котором присутствовала бы технология составления заданий по химии в формате PISA и предлагались системы заданий для регулярного использования в учебном процессе. Такие задания должны следовать принятой в курсе химии логике системной организации учебного материала в соответствии с принципом последовательного развития знаний на основе теоретических концепций – атомно-молекулярной теории, учения о химической связи, теории электролитической диссоциации, представлений о кинетике и термодинамике процессов. Имеющиеся пособия включают системы заданий, ориентированных на проверку способности использовать научные методы познания,

например, моделирования, на проверку способности проводить расчёты по химическим формулам и уравнениям химических реакций и др. Такие задания проверяют наличие умений, которые можно рассматривать как характеристики естественно-научной грамотности [7], но только их недостаточно, востребованы более сложные, комплексные задания, к которым относятся задания формата PISA.

Задания в формате PISA составились нами при разработке Единых федеральных оценочных материалов по химии (ЕФОМ) для оценки предметной и методической компетентности учителей химии [1]. Они также служили своеобразными образцами для учителей химии, но их количество было явно недостаточным, чтобы охватить всё содержание школьного курса химии, и они не составляли какую-либо систему, тем более, что не все задания были доступны для широкого ознакомления.

Необходимы также методические рекомендации для студентов педагогических вузов по составлению и применению заданий по химии в формате PISA и в целом по формированию химической грамотности обучающихся. По нашему мнению, задания должны соответствовать примерной образовательной программе по химии и органично включаться в методическую систему любого учителя химии. При разработке заданий наиболее целесообразно использовать технологию формирования компетентности по базисным компетенциям, применённую, например, в [4; 8]. Согласно этой технологии, реализуются обучающий этап (совместная деятельность учителя и обучающегося по изучению теоретических знаний и освоению познавательных умений, например, по формулировке проблем и путей их решения), этап развития личностных качеств обучающегося через применение заданий для самостоятельного решения

и выполнение творческих заданий по каждой базисной компетенции и этап углубления и реализации ранее полученных знаний, умений и владения всем изученным материалом при выполнении заданий формата PISA.

Рассмотрим пример. В курсе химии основной школы можно выделить такую базисную компетенцию, как кристаллические решётки, основывающуюся на следующих базисных понятиях: кристаллическая решётка, атомная, ионная, молекулярная и металлическая кристаллические решётки [8]. Обучающиеся должны знать определения базисных понятий, уметь применять знания для решения стандартных и нестандартных задач. К стандартным задачам относятся задачи на определение типа кристаллической решётки вещества, предсказание (прогнозирование) физических свойств веществ с различным типом кристаллических решёток (данные умения проверяются, например, заданиями КИМов ОГЭ и ЕГЭ). А к нестандартным заданиям относятся задания формата PISA, при выполнении которых нужно владеть знаниями и умениями по изученному материалу в целом, при их выполнении обучающийся должен быть готов самостоятельно формулировать проблемы и находить их решение, т. е. проявлять навыки инновационной деятельности. Приведем текст такого задания, разработанного нами.

«На уроке химии Саша узнал, что многие твёрдые вещества имеют кристаллическое строение: их частицы размещаются в кристалле не беспорядочно, а в строго определённых точках пространства. Такое расположение частиц в кристаллах получило название кристаллическая решётка (по аналогии с расположением узлов в обыкновенной решётке). В зависимости от природы частиц различают атомные, ионные и молекулярные кристаллы, а также кристаллы металлов. Дома нужно было

найти примеры веществ с разными типами кристаллических решёток. Саша нашёл на кухне поваренную соль, сахар и лимонную кислоту, а в аптечке «марганцовку» и борную кислоту. Он вначале решил, что все найденные вещества имеют ионную кристаллическую решётку, поскольку все они являются твёрдыми веществами.

Задание 1. Согласны ли вы с выводом Саши? Выберите ответ:

- да
- нет

Объясните свой выбор.

Затем Саша решил рассмотреть кристаллы веществ под лупой и установил, что кристаллы поваренной соли и сахара имеют одинаковую форму – кубическую. Он вспомнил, что поваренная соль имеет ионную кристаллическую решётку, и предположил, что сахар тоже имеет ионную кристаллическую решётку, поскольку их кристаллы одинаковы по форме. К тому же оба вещества растворяются в воде. Для подтверждения своего предположения он решил нагреть оба вещества, поскольку прочитал в учебнике, что ионные соединения тугоплавкие. Для этого он воспользовался металлической ложкой и свечой. Результаты опыта его удивили: сахар расплавился, а соль осталась без изменения.

Задание 2. Какой вывод сделал Саша? Дайте обоснованный ответ.

При дальнейшем нагревании сахар постепенно менял свой цвет, пока не превратился в массу чёрного цвета. При этом выделялся какой-то газ с неприятным запахом.

Задание 3. Какую кристаллическую решётку имеет сахар? Выберите ответ:

- атомную
- металлическую
- молекулярную. Ответ обоснуйте.

Задание 4. Что представляет собой черная масса, получившаяся после длительного нагревания сахара? Дайте свой ответ.

Саша продолжил эксперимент: он нагрел борную кислоту, но никаких изменений не обнаружив, сделал вывод, что борная кислота имеет ионное строение, как и поваренная соль.

Задание 5. Правильный ли вывод сделал Саша? Выберите ответ:

- да
- нет

Объясните свой выбор.

Он не стал нагревать «марганцовку», так как знал, что она при нагревании разлагается с выделением кислорода, опыт следует проводить в пробирке, соблюдая правила техники безопасности. Саша решил исключить это вещество из своего списка.

Задание 6. Как вы думаете, что нужно было Саше предпринять прежде, чем проводить эксперимент, чтобы правильно выполнить задание? Дайте развернутый ответ.

Задание 7. Каков же тип кристаллической решётки у «марганцовки» и борной кислоты? Дайте свой ответ.

Задание 8. Дома мы используем другие вещества – уксусную кислоту, перекись водорода, этиловый спирт. Эти вещества обладают кристаллической решёткой (выберите правильный ответ):

- атомной
- молекулярной
- металлической».

Важно не только составить задание, но и предложить систему оценки его выполнения. Для каждого задания формата PISA следует указать содержательную и компетентностную области, контекст, уровень сложности, объект оценки и формат ответа. В предложенном задании присутствует содержательное знание (типы кристаллических решёток), описываются физические системы (вещества). Проверяется компетенция – научное объяснение явлений (объяснение химического эксперимента). Контекст задания личный (описываются вещества, применяемые каждым человеком

в быту), уровень сложности средний. Предлагается дать ответы на вопросы и сделать выбор одного ответа из предложенных. Каждый правильный ответ оценивается в 1 балл (только за ответ по заданию 6 даётся 2 балла); таким образом полный ответ оценивается в 10 баллов. Отметим также, что в задании интегрируются знания из химии и физики.

Проведённое нами исследование позволяет сделать следующие выводы. Человека можно считать химически (а, значит, и естественнонаучно) грамотным, если он способен обсуждать проблемы, относящиеся к химии и химической технологии, т. е. умеет научно объяснять химические явления, понимает особенности исследования в области химии (химический эксперимент, моделирование, выдвижение гипотезы и др.), интерпретировать полученные данные или проводить научное доказательство, используя теоретические знания. Основы

химической грамотности формируются на уроках химии в общеобразовательной школе. Для большинства людей специальное изучение химии заканчивается с окончанием школы, а химические вещества они применяют всегда и повсеместно. Поэтому важно, чтобы химическая компетентность была сформирована на должном уровне. Выявлено, что инструментом для формирования и оценки химической грамотности могут служить задания формата PISA. Учителям химии нужны конкретные методические рекомендации по использованию таких заданий в учебном процессе, а также готовые наборы заданий. Эти рекомендации будут востребованы и при обучении студентов педагогических вузов. В качестве основных для разработки заданий формата PISA следует использовать системно-деятельностный и компетентностный подходы.

Список литературы

1. Алтыникова Н. В., Качалова Г. С. Оценка предметных и методических компетенций учителей химии // Естественнонаучное образование: проблемы аттестации химиков: Методический ежегодник химического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова. – 2021. – Т. 17. – С. 199–2016.
2. Бандаев С. Г., Хасенова М. Т. Роль кейс-технологий в формировании химической грамотности учащихся // Вестник педагогического университета. – 2018. – № 5–1 (77). – С. 8–12.
3. Виноградова Н. Ф., Кочурова Е. Э., Кузнецова М. И. Функциональная грамотность младшего школьника: книга для учителя / под ред. Н. Ф. Виноградовой. – М.: Российский учебник: Вентана-Граф, 2018. – 288 с.
4. Жафяров А. Ж., Качалова Г. С. Формирование метапредметной компетентности учащихся 8-х классов (математика, химия, физика): учебное пособие. – Новосибирск: НГПУ, 2014. – 154 с.
5. Заграничная Н. А., Зубцова Е. С., Щедрин О. С. Урок химии в свете требований ФГОС // Химия в школе. – 2019. – № 6. – С. 12–18.
6. Ильичева Е. В. Формирование химической грамотности у студентов высших учебных заведений направления подготовки «Сервис» // Успехи современной науки и образования. – 2017. – № 4. – С. 101–104.
7. Каверина А. А., Молчанова Г. Н., Свириденко Н. В., Снастина М. Г. Из опыта разработки заданий по оценке естественнонаучной грамотности школьников при обучении химии // Педагогические измерения. – 2017. – № 2. – С. 91–96.
8. Качалова Г. С., Жафяров А. Ж. Формирование метапредметной компетентности учащихся 9-х классов (математика, химия, физика): учебное пособие. – Новосибирск: НГПУ, 2015. – 118 с.

9. Коваль Ю. И., Васильцова И. В. Особенности формирования экологической грамотности при изучении химических дисциплин у бакалавров // Актуальные вопросы образования. – 2019. – Т. 2. – С. 244–246.
10. Миренкова Е. В. К вопросу о формировании химической грамотности // Химия в школе. – 2021. – № 4. – С. 15–19.
11. Пентин А. Ю., Ковалева Г. С., Давыдова Е. И., Смирнова Е. С. Состояние естественнонаучного образования в российской школе по результатам международных исследований TIMSS и PISA // Вопросы образования. – 2018. – № 1. – С. 79–109.
12. Пентин А. Ю., Заграничная Н. А., Паришутина Л. А. Формирование и диагностика естественно-научной грамотности: Комплексные межпредметные задания с химической составляющей // Народное образование. – 2017. – № 1–2 (1460). – С. 136–143.
13. Пентин А. Ю., Заграничная Н. А., Паришутина Л. А. Комплексные межпредметные задания с химической составляющей как инструмент формирования и диагностики естественно-научной грамотности учащихся // Школьные технологии. – 2016. – № 6. – С. 120–128.
14. Пентин А. Ю., Никифоров Г. Г., Никишова Е. А. Основные подходы к оценке естественнонаучной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2019. – № 4. – Т. 1 (61). – С. 80–97.
15. Пентин А. Ю., Никифоров Г. Г., Никишова Е. А. Формы использования заданий по оцениванию и формированию естественнонаучной грамотности в учебном процессе // Отечественная и зарубежная педагогика. – 2019. – № 4. – Т. 1 (61). – С. 177–195.
16. Лапина Ю. В., Барам С. Г., Васильева С. В., Голикова Е. А., Пономоренко Н. В., Родько Е. Д. Рекомендации по содержанию и условиям реализации учебных планов специализированных классов естественнонаучного направления (химия): метод. рекомендации для учителей химии, работающих в классах с углубленным изучением химии / под ред. И. Л. Беленок, А. Н. Величко; Новосибирский институт повышения квалификации и переподготовки работников образования. – Новосибирск: Изд-во НИПКИПРО, 2020. – 54 с. – Систем. требования: процессор с тактовой частотой 1,6 ГГц и более; Microsoft Windows XP и новее; программное обеспечение для чтения файлов PDF.
17. Степанова М. А. Формирование функциональной грамотности учащихся средствами химического языка. Кн.: Наука, образование, инновации: приоритетные направления развития / под общей ред. Г. Ю. Гуляева. – Пенза: Наука и Просвещение, 2021. – С. 118–138.
18. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки РФ от 17 декабря 2010. №1897, с изменениями и дополнениями от 29 декабря 2014 г.
19. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования. Утверждён приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012. №413.
20. Шалашова М. М., Оржековский П. А. Новые средства достижения требований ФГОС // Химия в школе. – 2013. – № 4. – С. 8–13.

References

1. Altynikova N. V., Kachalova G. S. Assessment of subject and methodological competencies of chemistry teachers. Natural science education: problems of certification of chemists: Methodical Yearbook of the Faculty of Chemistry of Lomonosov Moscow State University. Volume 17, 2021. pp. 199-2016.
2. Bandaev S. G., Khasanova M. T. The role of case technologies in the formation of chemical literacy of students. Bulletin of the Pedagogical University. 2018. 5–1 (77). pp. 8–12.

3. *Vinogradova N. F., Kochurova E. E., Kuznetsova M. I.* and others. Functional literacy of a younger student: a book for a teacher. ed. N. F. Vinogradova. M.: Russian textbook: Ventana-Graf, 2018. 288 p. Pp. 16–17.

4. *Zhafyarov A. Zh., Kachalova G. S.* Formation of metasubject competence of 8th grade pupils (mathematics, chemistry, physics): textbook. Novosibirsk: NGPU, 2014. 154 p.

5. *Zagranichnaya N. A., Zubitsova E. S., Shchedrina O.S.* Chemistry lesson in the light of the requirements of the Federal State Educational Standard. Chemistry at school. 2019. No. 6. pp. 12–18.

6. *Ilyicheva E. V.* Formation of chemical literacy among students of higher educational institutions of the direction of training «Service». Successes of modern science and education. 2017. No. 4. pp.101–104.

7. *Kaverina A. A., Molchanova G. N., Sviridenko N. V., Snastina M. G.* From the experience of developing tasks for assessing the natural science literacy of schoolchildren in teaching chemistry. Pedagogical measurements. 2017. No 2. pp. 91.

8. *Kachalova G. S., Zhafyarov A. Zh.* Formation of metasubject competence of 9th grade pupils (mathematics, chemistry, physics): textbook. Novosibirsk: NGPU, 2015. 118 p.

9. *Koval Yu. I., Vasil'tsova I. V.* Features of the formation of ecological literacy in the study of chemical disciplines among bachelors. Actual problems of education. 2019. vol. 2. pp. 244–246.

10. *Mirenkova E. V.* On the formation of chemical literacy. Chemistry at school. 2021. No. 4. pp. 15–19.

11. *Pentin A. Yu., Kovaleva G. S., Davydova E.I., Smirnova E.S.* The state of natural science education in the Russian school based on the results of international studies TIMSS and PISA. Education Issues. 2018. No. 1. P. 79–109.

12. *Pentin A. Yu., Zagranichnaya N. A., Parshutina L. A.* Formation and diagnostics of natural science literacy: Complex intersubject tasks with a chemical component. Public education. 2017. No. 1–2 (1460). pp. 136–143.

13. *Pentin A. Yu., Zagranichnaya N. A., Parshutina L. A.* Complex intersubject tasks with a chemical component as a tool for the formation and diagnostics of students' natural scientific literacy. School technologies. 2016. No. 6. p. 120–128.

14. *Pentin A. Yu., Nikiforov G. G., Nikishova E. A.* Basic approaches to the assessment of natural science literacy. Domestic and foreign pedagogy. 2019. No. 4. Vol. 1 (61). P. 80–97.

15. *Pentin A. Yu., Nikiforov G. G., Nikishova E. A.* Forms of using assignments for the assessment and formation of natural science literacy in the educational process. Domestic and foreign pedagogy. 2019. No. 4. Vol. 1 (61). Pp. 177–195.

16. Recommendations on the content and conditions for the implementation of educational plans for specialized classes in the natural sciences (chemistry): method. Recommendations for chemistry teachers working in classes with in-depth study of chemistry. Yu. V. Lapina, S. G. Baram, S. V. Vasilyeva, E. A. Golikova, N. V. Ponomorenko, E. D. Rodko ; ed. I. L. Belenok, A. N. Velichko; Novosibirsk Institute for Advanced Studies and Retraining of Educational Workers. – Novosibirsk: Publishing house NIPKiPRO, 2020. 54 p.

17. *Stepanova M. A.* Formation of functional literacy of students by means of chemical language. Book: Science, Education, Innovation: Priority Areas of Development. Ed. G. Yu. Gulyaeva. Penza: Science and Education, 2021. pp. 118–138.

18. Federal state educational standard of basic general education. Approved by order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated December 17, 2010. No.1897, with amendments and additions dated December 29, 2014.

19 Federal state educational standard of secondary general education. Approved by order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated May 17, 2012. No. 413.

20. *Shalashova M. M., Orzhekovsky P. A.* New means of achieving the requirements of the Federal State Educational Standard. Chemistry at school. 2013. No. 4. P. 8–13.