

ПЕДАГОГИЧЕСКО ПРЕДМЕТНО ЗНАНИЕ В ПРИРОДОНАУЧНОТО ОБРАЗОВАНИЕ: ТРУДНОСТИ ПО ОРГАНИЧНА ХИМИЯ

Доц. д-р Александрия Генджова,
д-р Нина Маркова, Калин Чакъров
Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. Педагогическото предметно знание (РСК) е критичен фактор за провеждане на качествено обучение от учителите. Представеното изследване идентифицира РСК за ученическите трудности по органична химия на базово ниво в IX клас, причините за затрудненията и начините за преодоляването им. Проведени са анкета с 53 учители и интервю с 3 изявени учители. Установено е, че най-трудните области са „Химични процеси“ и „Експеримент и изследване“. Затрудненията се дължат на: предмета (формули, терминология, обем, логика, представяне); учебните програми; училищните условия и ученическите характеристики (подготовка, мотивация, навици, начини на учене). Като най-ефективни методи за обучение се посочват: решаване на задачи, лабораторни упражнения, беседа, онагледяване, проблемно обучение. Знанието за ученическите трудности се свързва както с други елементи на РСК (програми, стратегии за обучение и оценяване), така и с общите предметно, педагогическо и контекстно знание. Резултатите от изследването могат да послужат за подобряване на учебните програми и практика на преподаване и да допълнят изследванията върху природонаучното образование.

Ключови думи: педагогическо предметно знание; природонаучно образование; химическо образование; трудности в обучението по органична химия

Увод

Знанията на учителите са важен аспект за осигуряване на качествено преподаване и изучаване на всеки учебен предмет. Значителен компонент от знанието, свързано с преподаването, се нарича „педагогическо предметно знание“¹⁾. Докато знанието за съдържанието се отнася до разбиране на учебния предмет, а педагогическото знание – до разбиране на процесите на преподаване и учене, независимо от предмета, то педагогическото предметно знание е знание за преподаване и изучаване на конкретния учебен предмет, отчитащо специфичните

му изисквания (Shulman 1986). Geddis (1993) обосновава това, като казва, че изключителният учител не е просто учител, а по-скоро учител по история или учител по химия, който има общи преподавателски умения, но и специфични за конкретното съдържание педагогически умения. Начинаещите учители трябва да се научат не просто „как да преподават“, а по-скоро „как да преподават определени теми от учебното съдържание (Geddis 1993, 675).

Важна тема от учебното съдържание по природни науки, и частност по химия, е органичната химия. Тя е в основата на живота и химичните процеси, свързани с живота. Много съвременни материали и продукти са съставени от органични съединения. Поради своята значимост темата се изучава на базово ниво в IX клас по предмета химия и опазване на околната среда. Редица изследвания показват, че органичната химия остава сложна за голяма част за учещите (Ratcliffe 2002; Johnstone 2009; Childs & Sheehan 2009; O'Dwyer & Childs 2014). В допълнение, при образователната реформа през 2018 г. са редуцирани хорариумът и учебното съдържание по органична химия на базово ниво.

За осигуряване на качествено обучение по предмета и провеждане на успешна образователна реформа особено важен е въпросът за педагогическото предметно знание (РСК) на учителите по химия, свързано с трудностите по органична химия.

Изследователските въпроси, на които потърсихме отговор, са:

1. Какво е РСК за ученическите трудности при изучаване на органична химия?
2. Какво е РСК за източниците за затрудненията в обучението по темата?
3. Какво е РСК за ефективните методи и подходи на преподаване по темата?

Преглед на литературата

Педагогическо предметно знание (РСК) по природни науки

Педагогическото предметно знание (РСК) е в центъра на изследванията в природонаучното образование от въвеждането му от Shulman (1986). Той предлага няколко области на учителското знание, специфични за съдържанието: самото предметно съдържание (факти и понятия в дисциплината), съществени структури на дисциплината (как се организират знанията в нея), синтактични структури на дисциплината (начини за познание и мислене в дисциплината) и предметно педагогическо знание (РСК). Концептуална рамка на Shulman (1986) за РСК често е представена като сечение на общо педагогическото знание и предметното знание. Това е „онази специална амалгама от съдържание и педагогика, която е уникална област на учителите, тяхната собствена специална форма на професионално разбиране“ (Shulman 1986). В категорията РСК се включват начините за представяне и формулиране на темата, която я прави разбираема за другите, разбирането какво прави изу-

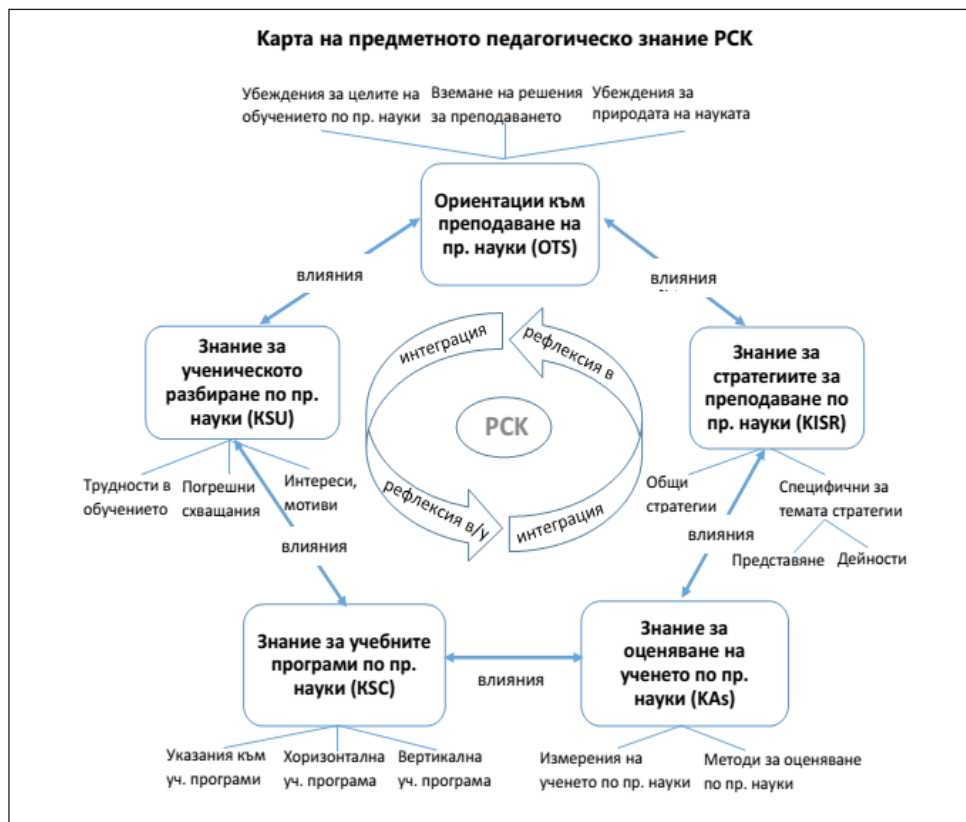
чаването на конкретни теми лесно или трудно (Shulman 1986). Идеите на Shulman за РСК намират своето развитие за преподаването по природни науки. Grossman (1990) систематизира базовите учителски знания в модел с четири взаимодействащи си компонента: а) общопедагогически знания; б) знания по предмета; в) предметно педагогическо знание; г) познаване на контекста. РСК има централна позиция в модела и се разглежда като трансформация на педагогическото знание, специфично за контекста и съдържанието. РСК включва знания за: ученическото разбиране, целите на преподаването, учебната програма и стратегиите за обучение. Magnusson et al. (1999) предлагат РСК с пет компонента: а) ориентации към преподаването (знания по предмета и за предмета, убеждения за това как да се преподава); б) знания за учебната програма (какво и кога да се преподава); в) знания за оценяването (защо, какво и как да се оценява); г) знания за разбирането на учениците по предмета (какво и защо е трудно на учениците и какви са погрешните им схващания); д) знания за стратегиите за обучение (как конкретно се преподава самата тема). Моделът на Magnusson et al. (1999) е широко използван в изследвания на знанията на учителите по природните науки (Jong et al. 2005; Henze et al. 2008; Wei & Liu 2018) и по математиката (Lannin et al. 2013). Недостатък на модела е, че компонентите на РСК са представени по линеен начин, като всеки един от тях взаимодейства само с ориентациите към преподаване. Park & Oliver (2008) създават модел, адаптиран от Park & Chen (2012), наречен Модел на пентагона. Моделът представя компонентите на РСК (OTS, KSU, KSC, KIRS, KAs) в петогълна форма, за да се подчертае взаимовръзката между тях, като се придава еднаква тежест всяко взаимодействие (фиг. 1).

Моделът на пентагона предполага, че РСК за ефективно преподаване изисква интегриране на компонентите, или че липсата на съгласуваност между компонентите може да е проблематична при разработването на РСК. Интеграцията между компонентите се осъществява по начин, който засилва съгласуваността им чрез допълващо се и непрекъснато пренастройване, мотивирано както от рефлексия в действие (по време на преподаване), така и от рефлексия върху действието (след това) (Nilsson 2008; Park & Oliver 2008; Friedrichsen et al. 2011; Park & Chen 2012). Моделът на пентагона служи едновременно като концептуална и аналитична рамка за това изследване.

Независимо от различните дефиниции и модели за концептуализиране и изследване на РСК, то е важен конструкт в образователните изследвания в областта на природните науки (Kind 2009; Fernandez 2014) и е ключов елемент за ефективно преподаване (Coe et al. 2014).

Знания за областите на затруднения (трудности) на учениците по природни науки

Основен компонент на РСК е знанието за разбирането на учащите (KSU) по научни теми, което се фокусира върху трудностите, погрешните



Източник: Park & Chen, 2012, p.925 адаптирана версия на Park & Oliver, 2008

Фигура 1. Модел на пентагона за компонентите на педагогическото предметно знание за преподаване по природни науки

схващания и проблеми на обучаемите (Van Driel et al. 1998; Magnusson et al. 1999). РСК за областите на затруднения на учениците по природни науки се отнася до знанията на учителите за научните концепции или теми, които учениците трудно учат (Hanley et al. 2018). В литературата има установени няколко причини, поради които обучението е трудно за учениците и учителите трябва да знаят всеки тип трудност. За някои научни теми трудността идва от това, че концепциите са много абстрактни или нямат връзка с житейския опит на учениците (Treagust et al. 2000; Sirhan 2007). Друг вид трудности, с които се сблъскват учениците, са тематични области и в които техните предварителни познания противоречат на научните концепции, това са т.нар. погрешни

схващания или алтернативни концепции (Treagust et al. 2000; Gilbert & Watts 1983; Treagust 1988; Taber 2002). В някои случаи темите са трудни, защото обучението е насочено към решаване на задачи и проблеми, а учениците не знаят как да разпознаят ефективно проблемите и да планират стратегии за решаването им (Garrett 1986; Solaz-Portolés & Sanjosé 2007). Често учениците се затрудняват и поради множеството начини на представяне на съдържанието по природни науки (Jonhstone 2009; Treagust et al. 2017).

Като цяло, изследванията на РСК за ученическите трудности в природонаучното образование не са много и в тях невинаги се търси обяснение за източниците им. Недостатъчно изяснено е какво е РСК за ученическите трудности по определени теми от предметното съдържание и причините за тях. Това ни насочи към емпирично изследване на РСК за трудностите в обучението по органична химия на базово ниво.

Методология

В изследването на РСК са използвани анкетиране и полуструктурирано интервю.

Участници

В анкетното проучване участват 53 учители по химия (10 мъже и 43 жени). Освен химия част от тях водят и биология, човек и природа, физика. Анкетиранияте са от различни населени места: столицата, областни, общински градове, малки градове и села и работят в различен тип училища: средни училища, езикови, професионални и природо-математически гимназии. Опитните преподаватели са по-голяма част от извадката (25 са с над 20 г. педагогически стаж, а 10 са с над 10 г.). Повечето анкетирани (33) имат професионална квалификация на степен (ПКС). В интервюто участват на доброволен принцип трима изявени учители по химия (1 мъж и 2 жени) от НПМГ София.

Инструментарий

За анкетирането е използван въпросник с четири раздела. В първия раздел се търсят демографски данни на участниците, във втория – информация за степента им на съгласие с твърдения като „Органичната химия е интересна за моите ученици“ и „Органичната химия е лесна за изучаване от учениците“ с оценка по петстепенна скала на Ликерт. В третия раздел се изисква оценка на степента на трудност на постигането на най-важните очаквани резултати в учебната програма по петстепенна скала. В последния раздел се очаква свободен отговор на въпроси за причините за затрудненията в обучението по органична химия и ефективните методи за справяне с тях. При разработването на въпросите за интервюто фокусът е поставен върху същите области.

Събиране на данни

Анкетата е изработена с Google Form. На учителите е предложен линк към нея и те участват по желание. Отговорите са събрани през ноември 2020 г.

Полуструктурираното интервю е проведено в рамките на 20 минути с всеки от избраните учители през октомври 2020 г. Направен е аудиозапис и транскрипция.

Анализ на данни

Оценките на твърдения със степен на съгласие са по схема: 1 – напълно несъгласен; 2 – отчасти несъгласен; 3 – нито съгласен, нито несъгласен; 4 – отчасти съгласен; 5 – напълно съгласен. За % на съгласие се приема % отговорили с 4 и 5. За определяне трудността на схемата е: 1 – много лесно; 2 – лесно; 3 – нито трудно, нито лесно (неутрално); 4 – трудно; 5 – много трудно. Процентът отговорили, че дадена област е трудна, е на отговорилите с 4 и 5, а за лесна – на тези с 1 и 2. За лесни теми се приемат тези с трудност под 1.67; не съвсем лесни – 1.66 – 2.00; нито лесни, нито трудни – 2.01 – 3.00; по-малко трудни – 3.01 – 3.32, и трудни теми – над 3.33. За анализа е използвана описателна статистика. На транскрибираните интервюта е направен кръстосан анализ, за да се намерят приликите и разликите в знанията на учителите и резултатите са обобщени.

Резултати

Педагогическо знание за трудностите на учениците при изучаване на органична химия

Голяма част от учителите (45%) смятат, че органичната химия е интересна, но въпреки това повечето (58 %) са убедени, че темата не е лесна за изучаване от учениците.

След оценяване степента на трудност на постигане на очаквани резултати по учебната програма, темите са подредени по намаляване на тяхната средна трудност и дела (%) на преподаватели, определили ги като трудни (таблица 1).

Таблица 1. Педагогическо знание за трудностите на учениците за постигане на очакваните резултати по органична химия (подредени по ранг)

Ранг	Тема на въпроса	Ср. трудност	% трудни	% неутр.	% лесни
1	Извличане и оценяване на научна информация	3.87	62	26	11
2	Изразяване на свойства с уравнения/схеми	3.66	62	19	19
3	Представяне резултати от хим. експерименти	3.63	60	28	11
4	Разпознаване на типове химични реакции	3.40	45	30	25
5	Описване на свойства на орг. вещества	3.36	51	19	30
6	Класификация на орг. съединения по формула	3.17	40	28	32
7	Разграничаване на изомери по формула	3.10	45	19	36
8	Записване на хим. формули по наименование	3.09	40	29	31

9	Обясняване на връзката строеж – свойства	3.03	34	28	38
10	Съставяне на наименования по формула	2.85	34	21	25
11	Планиране и извършване на експерименти	2.75	26	29	55
12	Оценяване въздействието на орг. вещества	2.62	19	25	57
13	Описване на приложението на веществата	2.53	25	30	45

Анкетираните учители определят като най-трудни за постигане очакваните резултати: извличане и оценяване на информация (Mean = 3,87; 62%); изразяване на химични свойства с уравнения (3,66; 62%); представяне на резултати от химичен експеримент (3,63; 60%); разпознаване на типове химични реакции по химично уравнение (3,40; 45%). По-малко трудни са: описание на физични и химични свойства (3,36; 51%); разграничаване на изомери (3,10; 45%) и записване с химични формули на органични съединения по наименование (3,03; 40%). Останалите се приемат като нито трудни, нито лесни.

В таблица 2 трудностите по органична химия са обобщени по области на компетентност и съдържание (класификация, представяне и номенклатура на органичните съединения (ОС); изомерия и свойства на органичните съединения, изразяване и типове химични реакции (ХР); приложение и въздействие на органичните съединения, анализ на органичните съединения и анализ на информация).

Таблица 2. Педагогическо знание за трудностите на учениците по органична химия по съдържателни области и области на компетентност

Области на компетентност	Съдържателни области на трудност	Средна трудност по области на	
		съдържание	компетентност
Класификация на вещества и номенклатура	Класификация на ОС	3.17	3.07
	Представяне на ОС	3.09	
	Номенклатура на ОС	2.85	
Строеж и свойства на веществата	Изомери на ОС	3.10	3.15
	Свойства на ОС	3.20	
Химични процеси	Изразяване на ХР	3.66	3.53
	Типове реакции	3.40	
Значение на веществата и опазване на околната среда	Приложение на ОС	2.53	2.57
	Въздействие на ОС	2.62	
Експеримент и изследване	Анализ на ОС	3.21	3.49
	Анализ на информация	3.87	

Определено е РСК за най-трудните области на компетентност – „Химични процеси“ и „Експеримент и изследване“. С по-малка трудност са „Строеж и свойства на веществата“ и „Класификация на веществата“. Като нито лесно, нито трудно е „Значение на веществата и опазване на околната среда“. Аналогични резултати са получени и от интервюираните учители. Последните допълват, че най-безинтересни на учениците са „многого реакции, които се пишат, без да се видят от учениците, химичните свойства на органичните съединения и връзката има със строежа. Най-интересни са темите, свързани със: физиологичното действие, приложението на органичните съединения, използвани в ежедневието и влиянието им върху околната среда. Това са темите, определени от повечето учители като най-лесни. Но това не е еднозначно – за някои ученици е интересна логиката на изучаване на класовете органични съединения и възможността за предсказване на свойствата на органично съединение според принадлежността му към даден клас.

Педагогическо знание за причините за трудностите в обучението по органична химия

Тук отговорите на анкетиранияте и интервюираните са обединени поради сходството в тях: източници на трудности при изучаване и преподаване на органична химия на базово ниво са особеностите на предмета, учебните програми, условията в училище и характеристики на учениците.

Особености на органичната химия

Голяма част от учителите смятат, че затрудненията на учениците са свързани със спецификата на органичната химия – особеностите в строежа на органичните съединения и генетичната връзка между тях. Затова е труден преходът от неорганична към органична химия, заради голямата разлика между тези дялове на химията. Учителите отбелязват, че органичната химия се характеризира с голям обем информация, специфична терминология, обемисти формули, сложни наименования и уравнения. Поради това повечето ученици не успяват да навлязат в материята и да направят логически връзки между класовете органични съединения. Проблемни са и различните нива на представяне (макро-, субмикро- и символно). Междупредметните връзки на органичната химия с природните науки физика и биология, както и с математиката също затрудняват работата и на ученици, и на учители.

Учебни планове и програми

Като основна причина за затрудненията според учителите е малкият брой часове в реформираните учебни планове и програми в комбинация с големия обем на учебния материал. Стига се до претоварване на учениците с много нова информация за кратко време. Източник на затруднения са също: пропуски в програмата – липсват важни знания и умения (напр.

амоняк, важен за изучаване на амини), и организация на съдържанието – загубена е логиката в изучаването на отделните уроци и теми, недостатъчни са връзките с практиката. Преподавателите подчертават, че качествено усвояване на материала по органична химия предполага повече часове за практически дейности и лабораторни упражнения. Особен проблем има в паралелките с интензивно изучаване на чужд език в IX клас, където се изучават за 90 ч. материал за VIII и IX клас, което учителите определят като голяма загуба.

Училищни условия – материална база, организация, учители

Преподавателите споделят, че са малко училищата в България, които разполагат с добре оборудван кабинет по химия: липсват реактиви, стъклария за опити и друго важно лабораторно оборудване. Това води до затруднения при провеждането на нормален учебен процес по химия. Според някои учители високата цена на учебниците е пречка, защото някои от учениците не разполагат с такива. Малко преподаватели търсят причините за ученическите затруднения в трудностите, които самите те срещат при преподаването: не успяват да ангажират вниманието на учениците, така че те да насочат усилията към материала, изпитват затруднения при разбирането на новото учебно съдържание.

Ученически характеристики – знания, умения, нагласи, мотиви, начини на учене и мислене

Често посочвани причини за затруднения на учениците са техните когнитивни и афективни характеристики: липса на интерес и мотивация за учене, ниско ниво на самоподготовка, липса на базови знания, липса на възпитание у дома, отсъствие на визия на учениците за техните цели и живот и др. Според учител: „Липсата на мотивация представлява голям проблем за съвременните ученици. Те имат други интереси, напр. в сферата на софтуерните и хардуерните науки. Не са мотивирани не само в часовете по химия, но и по другите учебни дисциплини“. Проблем са негативната ученическа нагласа към предмета и нулевите предходни знания, което възпрепятства обучението. Липсата на пространствено и логическо мислене у повечето ученици също е сериозна пречка. Учениците се справят с възпроизвеждането на информацията, но се затрудняват с нейното разбиране и анализиране. Често срещана практика сред учениците е ученето наизуст. Повечето нямат изградени навици и стратегии за учене. Много от учениците не четат уроците си вкъщи и разчитат на запомненото в клас, а това не води до добри резултати.

Педагогическо знание за ефективните методи и подходи за обучение по темата

Отговорите на учителите за това кои подходи, методи и/или средства са най-ефективни за качествено обучение по органична химия на базово ниво са обобщени и подредени по степен на проявеност в таблица 3.

Таблица 3. Педагогическо знание за ефективните методи и подходи за изучаване на органична химия на базово ниво

Ранг	Ефективни методи, подходи, техники	Бр. отг.
1.	Беседа, лекция, обяснение, даване на примери и аналогии	53
2.	Демонстрации на опити и модели, видео и анимации, симулации	50
3.	Решаване на лог. задачи, моделиране, упражнения, лабораторни опити	49
4.	Проблемно базирано обучение	23
5.	Интерактивни методи – дискусия, работа по групи и др.	21
5.	Подпомогнато от ИКТ обучение, проектно обучение	18
7.	Контекстно базирано обучение	17
8.	Изследователски подход, исторически подход, логически подход	15

Оказва се, че учителите използват предимно директни методи (лекция, обяснение, беседа и такива, свързани с онагледяване), по-малко индиректни (решаване на задачи, моделиране, упражнения, лабораторни опити), интерактивни (дискусия, работа по групи, решаване на проблеми) или методи, свързани с опита (лабораторна работа) и самостоятелното учене на учениците (проектно обучение и подпомогнато от ИКТ обучение).

Определянето на най-ефективни методи среща различен отговор у преподавателите: за повечето това са практическите методи – упражненията и решаването на задачи, лабораторните опити, според други са нагледните и интерактивните. В интервюто учителите споделят, че това е поколението на технологиите и трябва да се работи интерактивно и подпомогнато от ИКТ. Те смятат, че за „повишаване на мотивацията на учениците те трябва да осъзнаят, че това, което учат, им трябва в живота“ и е необходим акцент върху „важни са приложението на органичните съединения, на допълнителни експерименти в домашни условия за повишаване интереса на учениците към предмета“.

Учителите дават и препоръки за подобряване качеството на обучението, свързани с: промяна в образователната политика и учебните планове и програми; осигуряване на подходяща учебна среда и регулярно провеждане на квалификационни курсове за учители.

Обсъждане

Резултатите от нашето изследване ясно показват, че според учителите най-сложните за учениците са областите „Химични процеси“ и „Експеримент и изследване“. Тези резултати са в съгласие с други изследвания (Ferguson & Bodner 2008, O'Dwyer & Childs 2011). Срещаните затруднения според някои преподаватели се дължат на природата на химичното знание и начина, по който се представя, на сложния научен език и структурирането на учебното

съдържание, което е в съгласие с данните на изследователи (Johnstone 1991; Childs 2006; Sirhan 2007; O'Dwyer & Childs 2017). Повечето учители смятат, че пречка за обучението са: нивото на когнитивно развитие на учениците; начинът, по който възприемат учебното съдържание и обработват информацията; нагласите и подходите им към ученето, което е съгласие с някои научни резултати (Taber 2002; Sirhan 2007; Reid 2008; De Jong & Taber 2014; O'Dwyer & Childs 2017). Редица учители споделят затруднения, свързани с осигуряване на подходяща среда за обучение, както в изследване на Woldeamanuel et al. (2014), което показва, че този проблем има връзка със социалните условия в страната. Като най-ефективни методи и подходи за обучението се посочват традиционни методи: решаването на задачи, лабораторните упражнения, беседа, онагледяване чрез опити и модели. В изследването анкетираните учители не се откриха достатъчно ясно със специфичните стратегии, които биха използвали за преодоляване на затрудненията на учениците. Недостатъчно се отчита и ролята на ИКТ в подпомогнатото обучение за преодоляване на затрудненията по темата. Критичното отношение на много от по-опитните учители към учебните планове и програми е резултат от скорошните образователни реформи, които не срещат пълно одобрение.

Ограниченията на изследването са свързани с малкия брой на интервюираните учители. Необходимо е да се направи проучване, в което да се разшири обемът на интервюираните и да се включат допълнителни изследователски методи.

Заклучение

В резултат на изследването е определено съдържанието на РСК на учителите по химия по отношение на трудностите в обучението по органична химия на базово ниво в IX клас. Преподавателите определят много важни области на знанието, свързани с основни понятия и ключови умения по предмета, като трудни за учениците. Най-лесни се оказват темите, субективно важни и интересни за учащите. Затрудненията в обучението по темата се дължат на: особеностите на предметното съдържание; реформираните учебни планове и програми; неподходящата училищна среда и най-вече на нивото на развитие на учениците. Повечето учители предпочитат използването на традиционните методи за обучение, но и акцентират и на ефективността на активни учебни стратегии.

В отговорите знанието на учителите за ученическите трудности по темата бе интегрирано с други компоненти на РСК (KSC, KIRS, KAs) по Park & Oliver (2008) и бе трансформирано по отношение на предметното, педагогическото и знанието за контекста по Grossman (1990).

Резултатите от изследването на РСК по отделните теми по природни науки може да се използват в обучението на бъдещи учители с цел развитие на

тяхното критично мислене и подобряване на преподаването им. Те могат да послужат и за усъвършенстване на учебните програми в средното училище и практиката на преподаване, и да допълнят изследванията върху обучението по специфични теми от природните науки.

БЕЛЕЖКИ

1. В статията е използван превод на концепцията Pedagogical Content Knowledge – „педагогическо предметно знание“, направен в Пейчева-Форсайт, Р., 2013. Моделът „Технологично педагогическо предметно знание“ – теоретична рамка за педагогически изследвания в областта на подпомогнатото от технологиите обучение. Списание на Софийския университет за образователни изследвания.

REFERENCES

- CHILDS, P.E. & SHEEHAN, M., 2009. What's difficult about chemistry? An Irish perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, **10**(3), 204 – 218.
- CHILDS, P.E., 2006. The problems with science education: The more things change, the more they are the same. *Proceedings of SMEC Conference*, 6 – 27.
- COE, R., ALOISI, C., HIGGINS, S. & MAJOR, L. E., 2014. What makes great teaching? *Review of the underpinning research*.
- DE JONG, O. AND TABER, K.S., 2014. The many faces of high school chemistry. In *Handbook of Research on Science Education, Volume II* (471 – 494). Routledge.
- FERGUSON, R. & BODNER, G.M., 2008. Making sense of the arrow-pushing formalism among chemistry majors enrolled in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, **9**(2), 102 – 113.
- FERNANDEZ, C., 2014. Knowledge base for teaching and pedagogical content knowledge (PCK): Some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the 21st Century*, **60**, 79.
- FRIEDRICHSEN, P., DRIEL, J.H.V. & ABELL, S.K., 2011. Taking a closer look at science teaching orientations. *Science Education*, **95**(2), 358 – 376.
- GARRETT, R.M., 1986. Problem-solving in science education. *Science Education*, **13**(1), 70 – 95.
- GEDDIS, A.N., 1993. Transforming subject-matter knowledge: the role of pedagogical content knowledge in learning to reflect on teaching. *International journal of science education*, **15**(6), 673 – 683.

- GILBERT, J.K. & WATTS, D.M., 1983. *Concepts, misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education*.
- GROSSMAN, P.L., 1990. *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Columbia: Columbia University.
- HANLEY, P., HEPWORTH, J., ORR, K. & THOMPSON, R., 2018. *Literature review of subject-specialist pedagogy*. London: The Gatsby Charitable Foundation.
- HENZE, I., VAN DRIEL, J.H. & VERLOOP, N., 2008. Development of experienced science teachers' pedagogical content knowledge of models of the solar system and the universe. *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1321 – 1342.
- JOHNSTONE, A. H., 2009. *Multiple representations in chemical education*.
- JOHNSTONE, A.H., 1991. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of computer assisted learning*, **7**(2), 75 – 83.
- JONG, O.D., VAN DRIEL, J.H. & VERLOOP, N., 2005. Preservice teachers' pedagogical content knowledge of using particle models in teaching chemistry. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, **42**(8), 947 – 964.
- KIND, V., 2009. Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in science education*, **45**(2), 169 – 204.
- LANNIN, J.K., WEBB, M., CHVAL, K., ARBAUGH, F., HICKS, S., TAYLOR, C. & BRUTON, R., 2013. The development of beginning mathematics teacher pedagogical content knowledge. *Journal of Mathematics Teacher Education*, **16**(6), 403 – 426.
- MAGNUSSON, S., KRAJCIK, J. & BORKO, H., 1999. *Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching*. Springer, Dordrecht.
- NILSSON, P., 2008. Teaching for understanding: The complex nature of pedagogical content knowledge in pre-service education. *International Journal of Science Education*, **30**(10), 1281 – 1299.
- O'DWYER, A. & CHILDS, P., 2011. Second level Irish pupils' and teachers' view of difficulties in organic chemistry. *IOSTE Mini-Symposium*.
- O'DWYER, A. & CHILDS, P., 2014. Organic chemistry in action! Developing an intervention program for introductory organic chemistry to improve learners' understanding, interest, and attitudes. *Journal of Chemical Education*, **91**(7), 987 – 993.
- O'DWYER, A. & CHILDS, P.E., 2017. Who says organic chemistry is difficult? Exploring perspectives and perceptions. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, **13**(7), 3599 – 3620.

- PARK, S. & CHEN, Y.C., 2012. Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK): Examples from high school biology classrooms. *Journal of research in science teaching*, **49**(7), 922 – 941.
- PARK, S. & OLIVER, J.S., 2008. Revisiting the conceptualisation of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in science Education*, **38**(3), 261 – 284.
- RATCLIFFE, M., 2002. What's difficult about A-level chemistry? *Education in Chemistry-London*, **39**(3), 76 – 77.
- REID, N., 2008. A scientific approach to the teaching of chemistry. What do we know about how students learn in the sciences, and how can we make our teaching match this to maximise performance? *Chemistry Education Research and Practice*, **9**(1), 51 – 59.
- SHULMAN, L.S., 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, **15**(2), 4 – 14.
- SIRHAN, G., 2007. Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, **4**(2), 2 – 20.
- SOLAZ PORTOLÉS, J.J. & SANJOSÉ LÓPEZ, V., 2007. Cognitive variables in science problem solving: A review of research. *Journal of Physics Teacher Education Online*, **4**(2), 25 – 32.
- TABER, K., 2002. *Chemical misconceptions: prevention, diagnosis and cure*. Royal Society of Chemistry.
- TREAGUST, D., NIESWANDT, M. & DUIT, R., 2000. Sources of students' difficulties in learning chemistry. *Educación química*, **11**(2), 228 – 235.
- TREAGUST, D.F., 1988. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International journal of science education*, **10**(2), 159 – 169.
- TREAGUST, D.F., DUIT, R. AND FISCHER, H.E. 2017. *Multiple representations in physics education*. Springer International Publishing.
- Van DRIEL, J.H., VERLOOP, N. & DE VOS, W., 1998. Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, **35**(6), 673 – 695.
- WEI, B. & LIU, H., 2018. An experienced chemistry teacher's practical knowledge of teaching with practical work: the PCK perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, **19**(2), 452 – 462.
- WOLDEAMANUEL, M. M., ATAGANA, H., & ENGIDA, T. 2014. What makes chemistry difficult? *African Journal of Chemical Education*, **4**(2), 31 – 43.

PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE IN SCIENCE EDUCATION: DIFFICULTIES IN ORGANIC CHEMISTRY

Abstract. Pedagogical content knowledge (PCK) is a critical factor for education quality. This study identifies PCK of students' difficulties in learning the basics of Organic chemistry, the sources of difficulties and ways to overcome them. An inquiry was conducted with 53 teachers and interview – with 3 prominent teachers. According to the teachers, the most difficult areas are “Chemical processes” and “Experiment and research”. The difficulties are due to: specific subject content (formulae, terminology, logic, representation); curriculum; school settings and students' characteristics (pre-knowledge, motivation, habits, ways of learning and action). The most effective instruction methods are: problem solving, laboratory activities, discourse, demonstration of experiments and models, problem-based learning. PCK of students' difficulties is related to other elements of the PCK (KSC, KIRS, KAs) and to subject content, pedagogy and context knowledge. Our research findings can help improve the curricula and teaching practice, and to supplement research on specific topics in science education.

Keywords: pedagogical content knowledge; science education; chemistry education; difficulties in learning/teaching organic chemistry

✉ **Dr. Alexandria Gendjova, Assoc. Prof.**

ORCID ID: 0000-0003-3460-1421

E-mail: agendjova@chem.uni-sofia.bg

Dr. Nina Markova

ORCID ID: 0000-0002-6995-8183

E-mail: nmarkova@chem.uni-sofia.bg

Kalin Chakarov, PhD student

Research Laboratory on Chemistry Education & History & Philosophy of Chemistry

Faculty of Chemistry & Pharmacy

Sofia University

Sofia, Bulgaria

E-mail: kchakarov@chem.uni-sofia.bg