

ПРИРОДОНАУЧНАТА ГРАМОТНОСТ НА УЧЕНИЦИТЕ В НАЧАЛОТО НА ХХІ ВЕК – В ТЪРСЕНЕ НА КОНЦЕПТУАЛНО ЕДИНСТВО

¹Теодора Коларова, ²Иса Хаджиали,
³Мимия Докова, ⁴Веселин Александров
¹Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“
²Софийски университет „Св. Климент Охридски“
³Природо-математическа гимназия – Монтана
⁴Медицински университет – Пловдив

Резюме. Цел на настоящото изследване е да се анализират най-често цитирани в специализираната литература дефиниции на понятието „природонаучна грамотност“ и да се интегрират в една холистична конструкция общосподеляни в тях съществени признаци. Методологична основа на изследването са идеите на епистемологичния конструктивизъм. Теоретичният анализ е фокусиран към определения на понятието „природонаучна грамотност“, включени в първични литературни източници – публикации и документи на международни организации, свързани с училищното образование по природни науки. Поставен е акцент на дефинициите от началото на 90-те години на ХХ век и най-вече на тези след началото на ХХІ век – времето на интензивни образователни реформи в световен план, чиято всеобща тенденция е изграждане на природонаучна грамотност за всички ученици. Потърсени са общи допирни точки между различните дефиниции чрез съпоставяне на предварително изведени съставлящи ги компоненти, изпълняващи функция на критерии и показатели в предприетия анализ: 1. Знания – фактическо и концептуално знание за природния свят; разбиране на същността на науката. 2. Умения и способности – изследване на обекти и явления от природата в учебна среда; решаване и вземане на решения на соционаучни проблеми в учебен контекст; комуникация и сътрудничество с другите. 3. Отношение и поведение – осъзнаване и оценяване на взаимното влияние между природните науки, технологиите и обществото; ценностни нагласи и отговорно поведение към околната среда. 4. Метапознание – метакогнитивно знание и метакогнитивни умения. Резултатите от извършения анализ са основа за изграждане на обобщен инвариант, представящ според нас природонаучната грамотност в началото на ХХІ век като холистичен конструктор. Той обединява четири взаимнообвързани измерения – когнитивно-епистемно, функционално, социално и метакогнитивно. Из-

меренията функционират едновременно в определен контекст (личен, обществен и/или глобален) с водеща и интегрираща роля на метапознанието.

Keywords: scientific and science literacy, science and technology, school science education

Въведение

През последните години различни фактори предизвикаха обществени и педагогически дебати за грамотността, в частност за грамотността по природни науки – незадоволителните постижения на българските ученици в международните сравнителни измервания (PISA, TIMSS) и в националните външни оценявания, както и установяването на пряка зависимост между равнището на грамотност и социално-икономическите условия. Понятието „грамотност“, заедно с конструкта „компетентност“, се „превърнаха“ в основополагащи за проектиране на образователната политика в България. Стратегическата им позиция е очертана в новите национални документи за ускоряване на реформите в предучилищното и училищното образование като Националната стратегия за насърчаване и повишаване на грамотността (2014 – 2020), Националната стратегия за учене през целия живот (2014 – 2020) и др. Обновените документи (2016 г.) за нормативно осигуряване на училищното обучение по общообразователните учебни предмети, по-конкретно за КОО „Природни науки и екология“ (държавни образователни стандарти, учебни програми) заявяват постигането на научна грамотност като основна цел на образованието.^{1,2)} Макар и легитимиран в различни по ранг нормативи за училищното образование, конструктът природонаучна грамотност не е съвсем ясно определен и не задава модели, през които да се търси неговата реализация в педагогическата практика – проблем, с който се сблъскват и други образователни системи по света (DeBoer, 2011). Донякъде това затруднение произтича от непрестанните ревизии на дефиниции и концепции за природонаучната грамотност, тласкани от стремежа за по-пълното им синхронизиране с динамичните промени в глобалния свят, поставящи нови изисквания към образователната подготовка на подрастващите. Факт е, че изминават близо 60 години от въвеждането на понятието в педагогическите среди (Hurd, 1958), но и днес то остава „недобре формулирано, дифузно“ (Laugksch, 2000), което го „превърща“ в предмет на активен изследователски интерес и нестихващи дискусии (Lindsay, 2011; Roberts & Bybee, 2014).

Въпреки цялата проблематичност в постигането на своята еднозначна определеност, понятието „природонаучна грамотност“ с различните си концептуализации в образователния дискурс е център на настоящото изследване. То няма амбицията да прибавя нова, авторова дефиниция към и без това дългия списък с определения на понятието, нито пък има претенции да проследява в исторически план развитието на схващанията за природонаучна грамотност,

което може да се види в чужди и в наши обзори (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Shamos, 1995; Tafrova-Grigorova, 2013; 2014).

Цел на настоящото изследване е да се анализират най-често цитирани в специализираната литература дефиниции на понятието „природонаучна грамотност“ и да се интегрират в една холистична конструкция, общосподеляни в тях съществени признаци, която да служи като основа за проектиране, развиване и оценяване на този феномен в съвременното училищно образование по природни науки.

Предприетият анализ се фокусира към определения на понятието „природонаучна грамотност“, включени както в публикации, така и в документи на правителствени и неправителствени организации, участващи активно с програми и проекти в училищното образование по природни науки. Търсим общи допирни точки между различните дефиниции, съотнасяме различните им компоненти и върху основата на получените резултати конструираме един възможен инвариант на природонаучна грамотност. Поставяме акцент на дефинициите от началото на 90-те години на XX век, и най-вече на тези след началото на XXI век – времето на интензивни образователни реформи в световен план, чиято всеобща тенденция е изграждане на научна грамотност за всички ученици. За да осигурим приемственост и максимална обективност на резултата от обобщаването на определенията за природонаучна грамотност, считаме за необходим един встъпителен „прочит“ на първите дефиниции за този конструкт. Включването им в анализа може да гарантира, че синтезирането на обобщен инвариант ще съхрани най-ценното от по-ранните формулировки на понятието „природонаучна грамотност“ и същевременно ще запази неговата научна автентичност. Изборът на автори и становища се базира на преценката ни за честото им цитиране в специализираната литература, установено след предварителен преглед. Тази преценка е подкрепена и от експертните мнения на различни изследователи, представени в техни исторически и концептуални обзори на проблематиката (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Dillon, 2009; Holbrook & Rannikmae, 2009; Laugksch, 2000; Roberts, 2007; Roberts & Bybee, 2014; Tafrova-Grigorova, 2013; 2014).

Мислено в прагматичен план, резултатите от един такъв анализ – извличането на общи инвариантни признаци, разкриващи същността на природонаучната грамотност – биха могли да се използват многофункционално: да се проследи какви характеристики (елементи) на природонаучната грамотност, как и в каква степен са застъпени в нормативната документация (стандарт, учебни програми) за обучението по „Природни науки и екология“; да се прецени какъв е балансът между тези елементи по хоризонтала (в рамките на учебен предмет) и по вертикала (между учебните предмети в отделните класове) и при необходимост да се търсят корекционни механизми за по-пълната им координация; да се моделират както подходяща учебна среда, така и варианти

на технологии за формиране и развиване на природонаучната грамотност при ученици от различни възрасти; да се конструират инструменти за измерване на природонаучната грамотност в основните ѝ аспекти при ученици от различни възрастови групи, в различни степени и етапи на общообразователната им подготовка.

Методологически основания и понятийно-терминологични уточнения

Настоящото изследване се опира на един от основните подходи в съвременната епистемология на науката – епистемологическия конструктивизъм. Основната му идея се изразява в твърдението, че „знанието какво“ може да бъде сведено до „знанието как“, т.е. човек знае нещо за даден предмет или явление тогава и само тогава, когато може да го конструира. Конструктивизмът е своеобразна опозиция на обективизма във философията на науката, който се придържа към тезата за „дадеността“ и съществуването на единствено правилен, обективен отговор на поставен научен въпрос (Yeaman et al., 1996). С други думи, парадигмата на обективизма във философията априори приема съществуването на някаква неизменна основа, независеща от човешкото съзнание и контекст, която е крайна точка за обосноваване на всички познавателни структури. Епистемологическият конструктивизъм развенчава „мита за дадеността“ и допуска едновременното съществуване на множество дефиниции и обяснения на изследваните обекти и явления. В конструктивистката парадигма никоя дефиниция не се разпознава като еднозначно истинна или не. Вместо това се осмисля степента, до която тя е подходяща в контекста на своята употреба, т.е. осмисля се нейната устойчивост и приложимост (Von Glasersfeld, 1995).

Конструктивисткият подход, към който се придържаме, насочва изследването не към търсене на една „правилна“ дефиниция на природонаучна грамотност, а към осмисляне на многоаспектните определения и концепции от ъгъла на тяхната приложимост в съвременната образователна практика. Инвариантът на природонаучна грамотност, към който се стремим, разпознава като релевантни за своето обосноваване различните дефиниции, типологии и модели, така че да може да се отговори на изискванията, поставени от глобализацията се свят към образователната подготовка на учениците.

Нашата първа задача в предстоящия анализ е да очертаем границите на понятието грамотност и да уточним неговото съдържание. В международен план нееднократно са правени стъпки за единното му определяне. През 50-те години на XX в. ЮНЕСКО приема, че грамотността е съвкупност от умения, включващи четене с разбиране на даден текст и писане на кратко изложение, отнасящо се до всекидневния живот на индивида. С развитието на обществото и с нарастване на изискванията за успешна реализация на личността, представата за грамотност претърпява изменения в посока на по-широко тълкуване.³⁾

През 2003 г. на международна експертна среща на ЮНЕСКО грамотността се дефинира като „способност на човека да идентифицира, да разбира, да интерпретира, да създава, да обменя, да общува, да изчислява, като използва отпечатани и написани на ръка материали, свързани с различни видове контекст“. Формирането на грамотност е продължителен и непрекъснат процес на обучение и/или учене, позволяващ на човека да постигне своите цели, да развие знанията и потенциала си, както и да участва пълноценно в дейности, допринасящи за социално-икономическото развитие на обществото, към което принадлежи.³⁾

Традиционното разбиране за грамотността най-често се свързва с усвояването на четене и писане на родния език (или на езика, официален за дадена страна). В същото време, вероятно поради липса на друга дума, грамотността се употребява в смисъл и на езикова грамотност (*literacy*), и на математическа грамотност (*numeracy*), и на грамотност в областта на природните науки и технологиите (*science literacy*). Във връзка с навлизането на информационните технологии все по-често се говори за компютърна, дигитална, медийна грамотност и др. По този начин грамотността функционира в тесен смисъл (разбирана като четене и писане, т.е. предимно за да означи „четивна“ и/или „езикова грамотност“) и в широк смисъл (разбирана като комплекс от „грамотности“, а нерядко възприемана и като синоним на компетентности).⁴⁾

За целта на изследването, с термина „грамотност“ ще се означава грамотността в областта на природните науки, известна в специализираната литература като „природонаучна грамотност“ (*“science literacy”*)⁵⁾ или с по-краткото си название „научна грамотност“ (*“scientific literacy”*) (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Laugksch, 2000; Miller, 1987; Shamos, 1995; Tafrova-Grigorova et al., 2011; Tafrova-Grigorova, 2013). Тук ще следваме широко разпространената практика за синонимна употреба на двата термина, макар че някои автори ги разграничават смислово: *“science literacy”* се разбира като грамотност само в сферата на природните науки а *“scientific literacy”* – като грамотност във всички сфери на науката (Liu, 2009; Roberts, 2007).

Първи дефиниции на понятието „природонаучна грамотност“

Bybee (1997) твърди, че пръв James Conant използва термина „научна грамотност“ (*“scientific literacy”*) в началото на петдесетте години на XX век. Малко по-късно Hurd (1958) употребява термина като заглавие на своя статия „Природонаучна грамотност: нейното значение за американските училища“ (Hurd, 1958). В нея авторът призовава към обновяване на учебните програми, които следва да разкриват на учениците „ценността на науката като интелектуално постижение, като процес на изследване и откритие, илюстриращ духа на научното търсене“ (Hurd, 1958). Повод за изостряне на интереса към научната грамотност е изстрелването на първия изкуствен спътник „Спутник-1“

през 1957 г. от бившия Съветски съюз. Новината за това събитие, поставило началото на космическа „надпревара“ между СССР и САЩ, поражда загриженост сред американската научна общност за обществената подкрепа на науката. В доклад от 1960 г. Националната научна фондация в САЩ (National Science Foundation) подчертава, че „прогресът в науката зависи в значителна степен от общественото разбиране и поддържането на програми, подкрепящи образованието по природни науки и научните изследвания“ (Laugksch, 2000). От друга страна, американските граждани се питат дали образователната подготовка на техните деца е достатъчна, за да посрещнат предизвикателствата в едно общество, доминирано от научно-технологичния напредък (Hurd, 1958). Отговор на въпросите, поставени от академичната и гражданската общност, се търси в повишаване на природонаучната грамотност на американската нация (Hurd, 1958; Laugksch, 2000).

Годишите между 1957 и 1963 се определят като период, в който понятието „природонаучна грамотност“ се легитимира (Roberts, 1983). За това несъмнена заслуга има Hurd. Той обаче не дава ясна и конкретна дефиниция на научната грамотност, а я разглежда в пределно широк смисъл като „познаване на науката и научната дейност в контекста на стратегическата важност, новопридобита от природните науки за обществото“ (Hurd, 1958). Едва след 1963 г. започва „периодът на сериозните интерпретации“ (Roberts, 1983). По молба на R. Carlton секретар на Американската асоциация на учителите по природни науки (NSTA – *National Science Teachers Association*), екип от учени и педагози предлагат определение на това какво означава природонаучна грамотност: „познаване на научни методи и достатъчно знания в отделните области на природните науки, за да се разбират съобщения за нови научни открития“ (DeBoer, 2000). По-късно, между 70-те и 80-те години на миналото столетие, редица автори и организации, свързани с образованието, представят многобройни определения на понятието (Laugksch, 2000; Roberts, 2007).

Значителен принос в развитието на по-ранните схващания за грамотността по природни науки имат работите на M. Pella, B. Shen и J.D. Miller, които създават солидни теоретични традиции в по-нататъшното ѝ изследване. Pella et al. (1966) са сред авторите, които правят първи опити да дефинират понятието „научна грамотност“. Те анализират 100 публикации, излезли в периода 1946 – 1964 г. по въпроси, свързани с грамотността по природни науки, и извеждат шест основни елемента, които я характеризират: взаимовръзки между науката и обществото; етика на науката; същност на науката; концептуално знание; връзки между науката и технологията; връзки между природните и хуманитарните науки (Laugksch, 2000; Pella et al., 1966). Като се основава на резултатите от извършения преглед, Pella стига до извода, че научнограмотен е този, който разбира: (а) взаимовръзките между науката и обществото; (б) етиката, която регулира дейността на учените; (в) методите и процесите

на науката (естеството на науката); (г) различията между наука и технология; (д) фундаментални научни понятия и (е) взаимовръзките между природните и хуманитарните науки. Първите три елемента се срещат по-често в анализираниите публикации, което според Pella и колектив отразява приоритетната им роля в структурата на природонаучната грамотност (Pella et al., 1966).

Shen (1975) определя природонаучната грамотност като способност за разбиране и приложение на науката в ежедневието така, че да се използват нейните предимства и да се избегнат възможните ѝ рискове. Авторът разграничава три типа научна грамотност: практическа (отнася се до приложението на научни знания за решаване на ежедневни житейски проблеми, свързани с избор на храни, медикаменти, лечение и др.); гражданска (обхваща знанията, уменията, отношенията и ценностите, необходими за разбиране и пълноценно участие в решаването на обществено значими въпроси, като опазване на околната среда, морално, отговорно използване на природните източници, на медицински иновации и др.) и културна (включва познаването на някои идеи, теории и постижения в науката, които са част от културното наследство на човечеството и всеки има достъп до тях).

Shen (1975) вярва, че практическата научна грамотност позволява осъществяване на рационален потребителски избор, а гражданската научна грамотност е основа за формиране на обществени политики, засягащи различни въпроси на природните науки. В сравнение с първите два типа грамотност, постижими от всеки, културната научна грамотност се достига от относително тесен кръг хора, тъй като е мотивирана от желанието да се обогатява и задълбочава разбирането на научни постижения. Тя обаче, както твърди Shen, е от първостепенна важност за лидерите и вземащите решения на настоящи и бъдещи проблеми от областта на природните науки и технологиите.

Miller (1983) разглежда научната грамотност като триизмерен конструкт и разработва средства (въпросници) за измерване на нейни прояви при възрастни. Научната грамотност е съчетание от три измерения: (1) овладяване на речник от базисни научни термини и понятия (концептуално знание) достатъчен за четене и разбиране на популярни научни статии във вестници или списания; (2) разбиране на процесите и методите на науката, т.е. на естеството на научното изследване; (3) осъзнаване на влиянието, което природните науки и технологиите оказват на индивида и на обществото. Първите два аспекта според Miller определят традиционното значение, придавано от по-широката общественост на научната грамотност. За да бъде релевантна на съвременното индустриално развитие, тя трябва да включва и социален аспект, т.е. да се осъзнава въздействието на природните науки и технологиите върху обществото. Това разбиране е сходно с предложената от Shen идея за гражданска научна грамотност, която Miller изследва в поредица от емпирични проучвания (Miller, 1987; 1998; 2006). Несъмнена роля за насърчаване на гражданската

природонаучна грамотност Miller приписва както на формалните образователни институции (училища, университети), така и на неформалните (центрове за продължаващо образование, музеи и др.).

Нови дефиниции за природонаучна грамотност между 80-те и 90-те години на XX век

Към средата на 80-те и особено през 90-те години на XX век, в Северна Америка и в отделни страни на Европа (Великобритания, Франция, Белгия и др.) се предприемат стъпки за преустройство на училищното образование, в частност по природните науки. Обща тенденция на започналите промени е формирането на природонаучна грамотност у всички ученици (Tafrova-Grigorova, 2013). За развитието на реформите допринасят редица начинания на национални и международни организации, обвързани с образованието на различни нива. В приетите от тях документи и разработваните проекти се долавя стремеж за концептуализиране на природонаучната грамотност и по-ясното ѝ дефиниране на операционално равнище.

В тази насока трябва да се отбележи Проект 2061, иницииран през 1985 г. от Американската асоциация за напредък в природните науки (American Association for the Advancement of Science – AAAS). Проектът има фундаментално значение за модернизация на училищното образование по природни науки, математика и технологии в САЩ. Повод за неговото създаване е докладът „A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform” (1983 г.) на Националната комисия по отлични постижения в образованието (National Commission on Excellence in Education). В доклада се изразява безпокойство от ниските резултати на американските ученици, особено в тестовете по математика и природни науки, което отслабва позицията на страната в световната икономика. Една от препоръките е да се въведат по-строги и по-високи стандарти за всички ученици, чието постигане е предпоставка за развитие на научна грамотност (DeBoer, 2000). Затова Проект 2061 си поставя за цел да подобри природонаучната грамотност на американските ученици, на която се отдава съществена роля за вземане на решения, свързани с науката и технологиите на различни равнища (индивидуално, социално, национално).

Създателите на този проект възприемат широко схващане за природонаучната грамотност, която не се свежда само до естествените науки, а обхваща аспекти от математиката, технологиите и хуманитарните науки. Природонаучната грамотност е определена чрез основни характеристики на научнограмотния човек, т.е. чрез очакваните от него знания, умения и отношения в края на задължителното училищно образование по природните дисциплини: да познава природния свят и да зачита както неговото многообразие, така и единството му; да осъзнава, че природните науки, математиката и технологиите са взаимозависими човешки дейности със свои предимства и ограничения;

да разбира ключови понятия и принципи на науката; да развива умения за научно мислене; да използва научни знания и научни способности на мислене за индивидуални и социални цели (AAAS, 1989).

Идеята за постигане на природонаучна грамотност от всички ученици е конкретизирана до набор от цели и препоръки за ефективно обучение, описани в два от докладите на AAAS по изпълнение на „Проект 2061“ – *“Science for All Americans”* (SFAA) (AAAS, 1989) и *“Benchmarks for Science Literacy”* (AAAS, 1993). Документите са основополагащи за разработване на Федерални образователни стандарти по природни науки от I до XII клас в САЩ (*National Science Education Standards*). В рамките на приетите стандарти природонаучната грамотност е определена като „познанието и разбирането на научни понятия и процеси, необходими за вземане на индивидуални решения за участие в граждански и културни дейности, както и за подпомагане на икономическата продуктивност“ (NRC, 1996).

Тази дефиниция е операционализирана до система от знания, умения и отношения, които се очакват от учениците в края на задължителното им обучение по природни науки и математика: да поставят въпроси и да откриват отговори на въпроси, породени от любопитство или от всекидневен опит; да описват, обясняват и прогнозираят природни процеси и явления; да четат с разбиране научни статии в популярната преса и да участват в обществено обсъждане на валидността на научни заключения; да разпознават научни проблеми на различни нива (национално, локално) и да изразяват научно обоснована позиция; да оценяват надеждността на научната информация и нейните източници, както и методите за получаването ѝ; да формулират и оценяват аргументи, базирайки се на доказателства, и да прилагат уместни заключения, извлечени от тези аргументи. Очакваните знания, умения и отношения („навици на ума“), които са предпоставка за постигане на научна грамотност (AAAS, 1989), са групирани в 4 главни компонента, разписани в американските стандарти за училищното образование по природни науки и математика: научно знание, научно изследване, същност на науката и вземане на решения на соционаучни проблеми (NRC, 1996).

За разлика от широките схващания за съдържанието на природонаучната грамотност, декларирани в документите на AAAS и в американските образователни стандарти, Hazen & Trefil (1991) ограничават обхвата ѝ до „знанието, необходимо за разбиране на обсъждани в обществото проблеми, свързани с природните науки и технологиите“. Научната грамотност е „свкупност от факти, речник, понятия, история и философия, чието познаване осигурява възможност на индивида да разбира научни съобщения в пресата със същата лекота, с която разбира статии за спорт, политика или изкуство“. Авторите подчертават разликата, която съществува между това да правиш наука и да използваш наука. Научната грамотност се отнася само до второто. С други

думи, ако обикновен гражданин има например достатъчно познания по молекулярна биология, за да разбере как се случват постиженията в този клон на науката или какви са възможните последици от тези постижения за него самия и семейството му, това означава, че той е научно грамотен (Hazen & Trefil, 1991). Очевидно, акцентът върху познаването на основната терминология и понятийния апарат в областта на природните науки приближава дефиницията на Hazen и Trefil до първия аспект на научната грамотност (концептуалното знание), обособен от Miller (Laugksch, 2000).

Проблемът за научната грамотност е на дневен ред и в страни от Западна Европа. Във Великобритания например два доклада засилват интереса както на правителството, така и на самите учени към този въпрос: единият е *“The Public Understanding of Science”* („Разбирането на обществото за науката“), публикуван през 1985 г. от комитет, учреден към Кралското общество в Англия;⁶⁾ другият, който има пряко отношение към училищното образование, е „*Beyond 2000: Science Education for the Future*” (Millar & Osborne, 1998). В първия от посочените доклади се застъпва тезата, че по-задълбоченото разбиране на науката от обществото може да подпомогне благосъстоянието на нацията, като подобри вземането на решения от страна на държавата и отделния гражданин. Разбирането на науката не се свежда само до познаване на факти, понятия или идеи, а обхваща разбиране на естеството на науката и научното изследване (Royal Society, 1985). Необходимостта от насърчаване на общественото разбиране на науката е аргументирана от Thomas & Durant (1987). Те приемат степента на публично разбиране на науката като важен показател за зрелостта на всяко съвременно общество и открояват многоаспектната му роля – за функциониране на науката, за развитие на икономиката и културата, за личностно усъвършенстване и за демократизиране на обществото.

Докладът *“Beyond 2000”* апелира към промени в учебните програми за задължителна подготовка по природните дисциплини, така че да се подобри природонаучната грамотност на всички ученици. Грамотността по природни науки се описва като система от умения и способности, включващи: оценяване на разумните (рационалните) основания на решения, отнасящи се до ежедневни проблеми (напр. диети, лечение или използване на енергийни източници), които учениците срещат в своето всекидневие или ще срещнат в бъдеще; способност да се разпознават заблудите и да се разбират научните аспекти на въпроси от кръга на природните науки; готовност за активно участие в обсъждане на научни въпроси и за изразяване на лична гледна точка; способност за усвояване на допълнително знание заради интерес или професионални амбиции (Millar & Osborne, 1998).

Резултат от този доклад е стартирането на проект за модернизация на обучението по природни науки във Великобритания, а по-късно (от 2006 г.), в националните учебни програми се включват курсове, насочени към развиване

на природонаучна грамотност за всички ученици на възраст 5 – 16 години (Osborne, 2007; Tafrova-Grigorova, 2013). Чрез различни модули, консолидирани около важни за науката и обществото теми, се формират не само знания по природните науки (scientific knowledge), но и знания за природните науки (knowledge about science). Силен акцент се поставя не толкова върху усвояването на система от знания по природните науки (физика, химия, биология), колкото върху разбирането на същността на науката, т.е. как се достига до научното знание, какъв е неговият статус и какви доказателства го подкрепят, какви са характерните особености на научното изследване като форма на човешко търсене и как си взаимодействат науката, технологиите и обществото (Millar, 2006; Osborne, 2007).

На международно равнище следва да се отбележи мащабният „Проект 2000+: Природонаучна и технологична грамотност за всички“, иницииран от ЮНЕСКО през 1993 г. в сътрудничество с Международния съвет на асоциациите за природонаучно образование (*International Council of Associations for Science Education, ICASE*). Проектът привлича участници от близо 80 страни по света, обединени от общ замисъл – насърчаване на реформите в образованието на всички нива, за да се повиши природонаучната и технологичната грамотност, потребна на всички учещи в XXI век, за да водят продуктивен живот. За смисловото уточняване на природонаучната и технологичната грамотност (*Scientific and Technological Literacy, STL*) е подготвена библиография, съдържаща над 250 литературни източници (Roberts, 2007). Възприета е широка дефиниция, според която природонаучната и технологичната грамотност обхваща „не само способността да се чете, разбира и пише за природните науки и технологиите“, но и „способността да се прилагат научни и технологични понятия, както и процесуални умения в живота, работата и културата на общността“, към която принадлежи индивидът. Освен това научно-и технологичнограмотният човек изразява ценностно отношение и проявява увереност в своите заключения относно полезните и неуместните (рискови) приложения на природните науки и технологиите.⁷⁾

Идеите за развиване на всеобща природонаучна грамотност, разгърнати в цитираните проекти („Проект 2061“, „Проект 2000+“), както и в доклада „*Beyond 2000*“, силно контрастират с концепцията на Shamos. В своята монография „Митът за научна грамотност“ (*The Myth of Scientific Literacy*) той поставя под съмнение възможността за разбиране на науката от повечето хора в обществото. Според него е достатъчно да се изгражда една обща смислова представа за това как се осъществява научното търсене, как учените извършват изследвания в своите частнопредметни области и какво може да очаква от науката (Shamos, 1995). По-нататък авторът разграничава три форми на природонаучна грамотност, описващи три йерархични нива, на които тя се развива (Shamos, 1995): (1) Културна научна грамотност – отнася се до познаването

на базисни факти и овладяването на речник от научни термини, необходими за четене на научни статии в популярни списания и вестници; (2) Функционална научна грамотност – следващо по-високо равнище, на което индивидът може не само да контролира използването на научния речник, но също да разговаря, чете и пише смислен текст по въпроси, релевантни на природните науки; (3) „Истинска“ научна грамотност – най-високото ниво, включващо предходните две. Предполага познаване на някои фундаментални теории в науката и как те са създадени и утвърдени, така също разбиране на ролята, която имат експериментът и някои елементи на научното изследване в природните науки – поставяне на въпроси, аналитични и дедуктивни разсъждения, позоваване на обективни доказателства и пр. (Shamos, 1995). Това най-високо равнище изисква познаване на историята, ценностите и предпоставките на науката, което може да се постигне от малцина – от близо 7 % от населението в САЩ и съответно в Англия, установено в изследване на Miller, на което Shamos се позовава. Що се отнася до училищното обучение, според Shamos е наивно да се мисли, че учениците могат да разсъждават като учени, и дори е непрактично да бъдат насърчавани към вземане на автономни и обосновани решения на свързани с науката проблеми. Постигането на „истинска“ научна грамотност, подчертава Shamos, е адекватна цел само за учениците с мотивация за бъдеща професионална реализация в науката и технологиите (Shamos, 1995).

DeBoer (2000) определя позицията на Shamos за радикална, особено що се отнася до възгледите му за подценяване на научното знание в полза на технологиите в учебния план, както и за прехвърляне на отговорността от широката общественост на експертите в науката при вземане на решения на научнобазираните проблеми. DeBoer (2000) представя научната грамотност като „широко и функционално разбиране на природните науки за общи образователни цели, а не за подготовка за определени научни или технически професии“. Тя би следвало да се използва като синоним на „общественото разбиране на науката“ – „това, което обществото следва да знае за науката, за да живеят хората по-пълноценно, проявявайки уважение към природния свят.“ Тази интерпретация е следствие от обстоен анализ, в който авторът проучва многобройни статии, доклади и документи, публикувани до 2000 г. във връзка с научната грамотност и образователните реформи предимно в САЩ. В работата си DeBoer (2000) обобщава девет смислови значения на природонаучната грамотност, които отделните автори влагат в тълкуването ѝ като цел на природонаучното образование: (1) разбиране на науката като културна сила; (2) осъзнаване на възможностите, които предоставят науката и технологиите за професионална реализация; (3) приложение на научните понятия и принципи в ежедневието; (4) разбиране на социално значими, свързани с науката проблеми и развитие на умения за вземане на информирани решения на тези проблеми, както и на гражданска позиция към тях; (5) разбиране на

науката като път на изследване на заобикалящия свят; (6) критично разбиране на статиите и дискусиите за науката в медиите; (7) оценяване на природните феномени от естетическа гледна точка; (8) изграждане на позитивна нагласа и проява на интерес към природните науки за осигуряването им с бъдеща гражданска подкрепа; (9) разбиране на същността, значението и взаимовръзките на технологиите с науката..

За разлика от Shamos, който дискредитира идеята за постигане на всеобща научна грамотност, дори и в обозримото бъдеще, Bybee (1997) подкрепя тезата, че развитието ѝ за всички ученици следва да бъде главна цел на природонаучното образование независимо от техните интереси, мотивация и професионална ориентация. Природонаучната грамотност, определена като „разбиране на науката и нейните приложения в обществената практика“, се разглежда в дългосрочна перспектива – като последователно преминаване през различни нива (стадии), при което индивидът обогатява и задълбочава своето разбиране за природните науки и технологиите (Bybee, 1997). За измерване на научната грамотност Bybee (1997) предлага четири йерархични равнища, на които тя може да се формира и проявява в училищното обучение: (а) номинална научна грамотност – на това равнище ученикът може да разпознава и класифицира научни термини, понятия и въпроси, но има погрешни схващания, привежда наивни обяснения и показва минимално разбиране на проблеми от областта на природните науки; (б) функционална научна грамотност – ученикът е усвоил и може да използва речник от основни научни понятия при четене и писане на текстове върху научна проблематика; свързва речника от термини и понятия с научни концепции, но показва повърхностно разбиране на тези връзки; (в) концептуална и процедурна научна грамотност – ученикът може да свързва научните понятия, разбира основни концепции и процеси в науката заедно с тяхното приложение за създаване на ново знание; (г) многоаспектна научна грамотност – най-високото равнище, което е свързано с разбиране от ученика на същността, историята и връзките на природните науки с други научни области, както и с осъзнаване на ролята, която играят природните науки и технологиите в ежедневието живот и в обществото.

Макар да подчертава, че научната грамотност е очакван резултат от задължителното обучение по природните учебни дисциплини за всички ученици, Bybee (1997) допуска, че не всеки ще достигне най-високото равнище. Други ученици ще се „придвижават“ между отделните нива с нееднакъв темп поради различия в интересите, мотивите за учене и придобитият опит. За да бъде насърчено изграждането на научна грамотност във възможно по-развитите ѝ форми, стандартите и учебните програми за училищното природонаучно образование, следва да намерят баланс между всички нейни аспекти.

Дефиниции за природонаучна грамотност в началото на XXI век

От началото на новото хилядолетие се изграждат нови съдържателни концепции за природонаучната грамотност, предлагат се нови интерпретации и се разработват инструменти за нейната диагностика (OECD, 2003; 2006; 2013). Същевременно се забелязва тенденция към преразглеждане на дефиниции и модели, представящи този конструкт, за да се отговори на икономически, културни и соционаучни предизвикателства, поставени от нарастващото влияние на глобализацията в съвременния свят (Chiu & Duit, 2011; Choi, et al. 2011; Liu, 2009; Norris & Phillips, 2003; OECD, 2013; Roberts, 2007).

Цялостна концепция за грамотността по природни науки (а също по чете и математика) е представена в Програмата за международно оценяване на учениците (*Program for International Student Assessment – PISA*), създадена към Организацията за икономическо сътрудничество и развитие (ОИСР) през 1997 г. Основният замисъл на Програмата е да установи в каква степен 15-годишните ученици, които са в края на своето задължително образование, са придобили ключови компетентности (знания, умения и отношения) за пълноценна лична и обществена реализация. Чрез периодичното им оценяване в дадена познавателна област PISA предоставя информация на участващите страни за ефективността на образователната им система да подготвя младите хора като самостоятелни и отговорни граждани (Petrova & Vasileva, 2007). Публикуването на резултатите от поредното измерване открива широки обществени дискусии за грамотността на учениците и дава тласък на реформите в природонаучното, изобщо в училищното образование на национално и международно равнище. Редица държави използват информацията от тези измервания с цел да актуализират националните си нормативни документи (стандарты и учебни програми) за училищна общообразователна подготовка, а много от европейските страни (Германия, Дания, Швейцария, Испания, Португалия и др.) възприемат компетентностно-базирания подход на PISA при обновяване на своите образователни стандарти (DeBoer, 2011).

През годините на своето провеждане (от 2000 г. насам) PISA неколкратно предефинира понятието „природонаучна грамотност“ и доразвива концептуалната си рамка (OECD, 2000; 2003; 2006; 2013). В PISA 2000 и 2003 грамотността по природни науки е определена като „способност да се използва научното знание, да се идентифицират проблеми и да се извеждат аргументирани заключения за разбиране на света и за вземане на информирани решения, свързани с природата и промените, които настъпват в нея под действие на човешката активност“ (OECD, 2000; 2003). Научното знание в това определение обхваща знанието по природните науки (факти, понятия, идеи за природата), интерпретирано в учебното съдържание по учебните предмети (физика, химия, биология), и знанието за същността на науката (Nature of Science – NOS). Способността да се прилагат научни знания, е конкретизира-

на до 5 групи умения (интерпретирани като научни процеси, и по-точно като процесуални умения), които научнограмотният човек трябва да притежава, за да живее и работи пълноценно в съвременния свят: (1) проява на разбиране на научни понятия (има се предвид преносът им в нов контекст); (2) разпознаване на проблеми, изследвани в науката; (3) определяне на доказателства, необходими за научно изследване; (4) извличане и/или оценяване на заключения и (5) съобщаване на валидни заключения (OECD, 2000).

Според PISA 2006, природонаучната грамотност е съчетание от четири взаимно свързани страни, които включват: „знанието по природни науки и способност да се използва това знание за идентифициране на проблеми, за придобиване на ново знание, за обяснение на научни явления и извеждане на аргументирани заключения по въпроси от областта на науката; разбиране на характерните особености на науката като форма на човешко познание и търсене; осъзнаване на начина, по който науката и технологиите участват в изграждането на нашата материална, интелектуална и културна среда, и накрая – готовност за ангажиране с проблеми и идеи на науката като градивен, заинтересован и рефлексивен гражданин“ (OECD, 2006; 2009). Тази дефиниция е конкретизирана до 4 взаимно свързани компонента, оформящи рамката на теста, чрез който PISA оценява природонаучната грамотност: (1) разпознаване на житейски ситуации, свързани с природните науки и технологиите (контекст); (2) разбиране на природния свят, включително технологиите въз основа на знания за природния свят и на знания за самите природни науки (знания); (3) демонстриране на компетентности, които обхващат определяне на научни проблеми, научно обясняване на природни процеси и явления, използване на научни данни и доказателства (компетентности); (4) проява на интерес към природните науки, убеденост в необходимостта от провеждане на научни изследвания, мотивация за отговорно поведение спрямо околната среда и осъзнаване на резултатите от собствените действия (отношение) (OECD, 2006).

Съпоставянето на определенията в PISA 2000 и PISA 2006 показва различия в акцентите. В PISA 2000 (и 2003) се поставя ударение върху прилагането на научните знания за разбиране на света и за вземане на информирани решения на проблеми, които възникват в реални житейски ситуации на различни нива – индивидуално (напр. храна, здраве), локално (напр. третиране на местни природни ресурси) или глобално (напр. опазване на околната среда, климатични промени и пр.) (OECD, 2000). Концептуалната рамка в PISA 2006 (запазена през 2009 и 2012 г.) е допълнена с нови акценти: разбиране на характерни черти на природните науки, осмисляне на взаимовръзките между природните науки, технологиите и обществото; рефлексивност и гражданска съпричастност към научнобазираните проблеми (OECD, 2006; 2009). Освен това в сравнение с PISA 2003 научното знание в PISA 2006 по-ясно е разграничено на знание по природните

науки и знание за природните науки. Първото включва факти, понятия, принципи и закони за природата, интерпретирани в учебното съдържание по биология, химия, физика и природна география. Второто обхваща разбиране на същността на науката като форма на човешка дейност, допълнено с осмисляне както на преимуществата, така и на ограниченията на научното знание (OECD, 2006). От своя страна, знанието за природните науки е диференцирано до научно изследване (разглеждано като процес) и научно обяснение (разглеждано като резултат от изследването) (Petrova & Vasileva, 2007). Това означава, че учениците следва да притежават известна представа как, чрез какви методи и процеси учените получават и използват научните данни, на които се основават техните обяснения за процесите и явленията в природата.

Концепцията за природонаучна грамотност, приета в PISA 2006, не е лишена от критики. Оспорва се например съдържанието на знанието за природните науки. От една страна, се твърди, че тази разновидност на знанието е свързана с разбиране на същността на науката, т.е. с изграждането на представа за произхода и статуса на научното знание, както и за особености на процесите, чрез които то се създава, валидизира и разпространява. Същевременно някои от елементите, които PISA включва в знанието за природните науки (откриване на доказателства, позволяващи решаване на научен проблем, извършване на научен експеримент, измерване, извеждане на заключения от представени доказателства и др.) не отговарят на неговото съдържание. Те се отнасят до изпълнението на научното изследване като процедура, но не и до разбирането на негови съществени характеристики (Lau, 2009), към които се отнасят например наличието на многообразие от методи на научни изследвания, различието между научни данни и научни доказателства и др.

В новата си концептуална рамка от 2015 г., където природните науки са основна оценявана област, PISA представя по-лаконична формулировка на природонаучната грамотност. Тя е дефинирана като „способност на индивида да се ангажира с проблеми и идеи на науката като рефлексивен гражданин. Научнограмотният човек проявява готовност да участва аргументирано в дебати за природните науки и технологиите“, което изисква три основни компетентности: (1) научно обяснение на природни процеси и явления; (2) планиране и оценяване на научно изследване; (3) научно тълкуване на данни и доказателства (OECD, 2013). Тези компетентности изискват и се базират на знание от частнопредметните полета на природните науки, но в сравнение с PISA 2006 тук то по-ясно е конкретизирано до следните три групи: декларативно знание (знание по природните науки – фундаментални понятия, идеи, теории), процедурно знание (знание за основни процедури и методи на научното изследване като процес) и епистемно знание (знание за основни практики/начини, чрез които се генерират, обосновават и валидизират идеите в науката) (OECD, 2013).

Макар че на пръв поглед дефиницията на природонаучната грамотност в PISA 2015 се доближава до възприетата в PISA 2006, между тях се долавят тънки различия. В PISA 2006 например се дава приоритет на компетентностите определяне на научни проблеми и прилагане на научни знания и доказателства, докато в PISA 2015 фокусът е изместен към разбирането на научното изследване и интерпретирането на научните доказателства. Класифицирането на научното знание (на декларативно, процедурно и епистемно) в PISA 2015 показва засилване на вниманието към разбиране на „вътрешните“ процеси на науката (изследването). В новата рамка се наблюдава дистанциране от идеята, поддържана в PISA 2006, за прилагане на научните знания в ситуации, „външни“ спрямо науката, т.е. в реални житейски ситуации. В дефиницията от 2015 г. не се споменава контекстът. Някои автори са скептични към тази промяна, тъй като това би довело до ориентация на училищното обучение към разбиране най-вече на научната гледна точка като достатъчна за решаване на ежедневни и социални проблеми, свързани с природните науки (Roberts & Bybee, 2014).

Едно такова отдалечаване от автентичния житейски контекст в интерпретирането на природонаучната грамотност се забелязва и в новата Рамка за обучение по природни науки до XII клас в САЩ. Тя е публикувана през 2011 г. от Националния съвет за научни изследвания (NRC, 2012) и служи като основа за създаване на следващото поколение образователни стандарти за училищното обучение по природни науки от 2013 г. (Next Generation Science Standards, NGSS). И двата документа представят широка визия за природонаучна грамотност, обединяваща три взаимно свързани страни: (1) научни и инженерни практики (основните практики, които учените използват в своите изследвания, и практиките, прилагани от инженерите за конструиране на различни системи); (2) междудисциплинарни понятия (системи, модели, енергия и др.) и (3) дисциплинарни фундаментални идеи, които най-общо реферират към влиянието на инженерството, технологиите и природните науки върху обществото и природния свят. Тук терминът „практики“ замества „научно изследване“ в предишните стандарти от 1996 г., за да подчертае значението както на процесуалните умения, така и на специфичнопредметните знания за разбиране на естеството на науката и научната дейност (NGSS Lead States, 2013). За разлика от предходните новите стандарти изместват акцента от практическите разсъждения на научнобазирани проблеми в житейски ситуации към разбиране на тясно научната позиция за решаване на тези проблеми. Индикатори за промяната са имплицитното споменаване на термина „природонаучна грамотност“ в двата документа, заедно с маргинализирането на личната и обществената перспектива при вземане на решения на соционаучни проблеми (Roberts & Bybee, 2014).

Опит за балансиране между научния и обществения контекст в разбирането за природонаучна грамотност се открива в учебния курс *“Twenty First Century Science”*, (*“21st Century Science”*), разработен по идея на Millar и Osborne (Millar, 2006; Osborne, 2007). Той е част от образователните реформи във Великобритания, започнали още през 90-години на XX в. с публикуването на доклада *“Beyond 2000”*. Въведен през 2006 г., курсът е насочен към поощряване на природонаучната грамотност на 15 – 16 годишни ученици в процеса на задължителното им обучение по природните дисциплини. Разработен е с презумпцията, че гражданите са потребители, а не производители на научно знание. Създаването на научно знание е дейност, с която е ангажирана само една малка обществена прослойка. „Задача“ на мнозинството (в т. ч. на учениците) е интелигентно, ефективно и безопасно да използва различните елементи на разпространяваното научно знание, за да взема информирани решения на проблеми с научни или технологични измерения. Затова задължителното училищно образование по природни науки трябва да помогне на младите хора да станат по-проницателни и по-компетентни потребители на научна информация в разнообразните ѝ форми, с които те се сблъскват в реални житейски ситуации (Millar, 2006).

В рамките на курса *“21st Century Science”*, грамотността по природни науки е определена на операционално ниво чрез характеристиките на научнограмотния човек, зададени под форма на очаквани резултати. За научнограмотен се приема този, който може: „да оценява и разбира влиянието на природните науки и технологиите върху всекидневния живот; да взема информирани индивидуални решения по въпроси, свързани с природните науки, като например здраве, хранене, използване на енергийни източници; да чете и разбира основните гледни точки в съобщенията по медиите, отнасящи се до въпроси на природните науки; да разсъждава критично над информацията, включена или пропусната (често по-важната) в подобни съобщения; да участва самоуверено в дискусии с други по проблеми, свързани с природните науки“ (Millar, 2006).³⁾

За постигане на визираните резултати учебният курс *“21st Century Science”* е структуриран в два компонента, които всъщност описват два ключови аспекта на природонаучната грамотност: 1. „Научни обяснения“ и 2. „Идеи за науката“. Първият компонент обхваща система от знания за различни природни процеси и явления (напр. атомно-молекулната теория за химичните реакции, хромозомната теория на наследствеността, теорията за генетичния производ на заболяванията, схващанията за радиацията, енергийните източници и трансформацията на енергията, концепциите за структурата и еволюцията на Земята и др.). Вторият компонент – „идеи за науката“, е представен от базисни знания за същността на науката. Те могат да се определят като мета-знания (знания за самите знания), тъй като разкриват характерни особености

на самото научно знание и на начините, по които то се прилага в научноизследователската дейност. В състава на този компонент авторите на учебния курс включват знания за това как функционират и каква роля имат данните в научните аргументи, какви различия съществуват между данните и възможните обяснения, между корелациите и причините за едни или други природни явления, как се утвърждават научните знания и как влияе културно-социалният контекст върху научната дейност, каква роля играе оценката на риска в научните изследвания и др. (Millar, 2006). Научните обяснения и идеите за науката се усвояват от учениците в близък до реалността контекст, наподобяващ често срещани в ежедневието проблеми от областта на природните науки и технологиите. Проблемите са групирани в тематични модули, които са избрани съобразно интересите на учениците и същевременно пресъздават реални житейски ситуации („Вие и вашите гени“, „Качество на въздуха“, „Земята във Вселената“, „Да бъдем здрави“, „Радиация и живот“, „Въпроси за храните“ и др.). Чрез всеки от тези модули и предвидените в тях дейности (дискусии, ролеви игри, анализ и интерпретация на данни, казуси и пр.), учениците изграждат разбиране за конкретни научни обяснения и идеи за науката. Силен акцент се поставя върху разбирането на същността на науката. Познаването на характерните ѝ белези позволява на учениците критично да използват научната информация, рефлексивно да управляват собствените си действия в ситуации на избор и да вземат обосновани решения на индивидуално или социално значими проблеми, отнасящи се до природните науки (Millar, 2006).

Необходимостта от познаване на естеството на науката и ценността на автентичния житейски контекст за формиране на природонаучна грамотност, ясно се открояват и в концепцията на Holbrook & Rannikmae (2009). Както подчертават авторите, „в днешния свят на хороскопи и драматични медийни или рекламни заглавия“ е наложително да се „разграничава науката от псевдонауката“ и да се осъзнае фактът, че „науката не може да реши всички проблеми на обществото“ (Holbrook & Rannikmae, 2009). Многообразните начини на взаимодействие със съвременния свят, особено бързо навлизащите комуникационни технологии и социални мрежи, изместват традиционния вид общуване, също налагат осмисляне на целевите приоритети и подходите на обучението по природни науки. Holbrook & Rannikmae (2009) се присъединяват към общосподелената теза, че главна цел на формалното училищно обучение по природните дисциплини е придобиване на научна грамотност. Постигането ѝ обаче не се свежда до овладяване на фундаментални научни знания или на умения за „правене на наука“ от учениците чрез конкретни дейности (парадигма, означавана с фразата „наука чрез образование“). Научна грамотност може да се очаква, когато образователният процес е центриран върху подготовката на учениците като отговорни граждани, способни да включват усвоените знания в дейности за вземане на решения и да осмис-

лят ролята на науката в съвременното общество („образование чрез наука“) (Holbrook, 2010). Въз основа на това разбиране Holbrook & Rannikmae (2009) предлагат нова дефиниция на природонаучната грамотност: „способност креативно да се използват базирани на доказателства научни знания и умения, които са от особена важност за всекидневния живот или бъдеща кариера при решаването на индивидуално значими свързани с науката проблеми, а също за вземане на отговорни социо-научни решения“. Основни акценти в тази дефиниция са приложението на научни знания в близък до реалността контекст и уменията за решаване на научни проблеми с широк социален отзвук. По-нататък, двамата автори изтъкват, че подобряване на природонаучната грамотност в училище може да се постигне, ако се развиват умения за общуване между учениците и се използват комуникативни подходи, насърчаващи представянето на убедителни аргументи в обосноваване на позиция по научнобазирани въпроси (Holbrook & Rannikmae, 2009).

Очевидната тенденция към ревизия на схващанията за научна грамотност и най-вече стремежът да се отвърне на предизвикателствата, които поставя глобализиращият се свят към образователната подготовка на младите хора, водят до създаване на нови концепции (Choi et al., 2011; Mun et al., 2015). Choi и нейните сътрудници разработват петфакторен модел, представящ характеристики на природонаучната грамотност, необходими на модерния човек, за да твори и живее пълноценно в динамично променящите се условия на XXI век. Както авторите отбелязват в своя анализ, повечето съвременни идеи за същността на този конструкт отдават приоритет на компетентностите на индивида, които са от значение при вземане на информирани решения на проблеми, засягащи главно личното ежедневие и/или обществото (Choi et al., 2011). С малки изключения (напр. PISA 2006, 2009), не се разглежда въпросът какви знания, умения и ценностна ориентация е важно да усвоят младите хора, за да живеят продуктивно и разумно да се справят с нарастващите по неотложност за решаване глобални проблеми – климатични изменения, недостиг на енергийни източници, пандемии, замърсяване на трансгранични водоеми и атмосферния въздух, разпределение на здравни ресурси и пр. Освен това неограниченият достъп до информация, станал възможен благодарение на световната виртуална мрежа, заедно с напредналото познание за ученето при подрастващите също налагат според авторите отнемане на фокуса от личния и обществените към глобалния контекст за разбиране на природонаучната грамотност. Както в други дефиниции, и тук тя е определена чрез основни признаци, описващи „портрета“ на научнограмотния човек: този, който е способен „да изгражда цялостно интегрирано разбиране на ключовите идеи от областта на природните науки“, може „да оценява многообразието от културни ценности“, „да участва в обсъждането на значими за обществото научни въпроси чрез сътрудничество и комуникация с другите“, „да предприема от-

говорни действия относно свързани с природните науки глобални проблеми“, и накрая – като гражданин на едно глобално общество, „да развива черти на характера и ценности“, регулиращи приемливи поведения и вземане на разумни, морално обосновани решения на тези проблеми (Choi et al., 2011).

Посочените характеристики са изведени вследствие на литературен обзор и допитване до 222 учители по природни науки от Южна Корея и САЩ. Резултатите от изследването са основа за конструиране на *теоретичен модел*, чрез който Choi и съавтори представят същностни страни на природонаучната грамотност за XXI век. Моделът съдържа 5 измерения, като всяко от тях е операционализирано до *ключови елементи*: (А) *Учебно знание* – това измерение обхваща понятията, основните закономерности и теориите в учебното съдържание, като поставя *акцент на интегративните идеи в природните науки* и тяхното разбиране от учениците (енергия, биоразнообразие, системи и взаимодействие, устойчивост, еволюция и др.). Фактическото и/или концептуалното знание е важно, но овладяването му само по себе си не е достатъчно според авторите, за да се отговори на проблемите, с които се сблъсква глобалното общество – те надхвърлят тясно дисциплинарните граници, имат трудно предсказуеми последици и изискват за своето решаване обединяване на знания за природния свят от различни предметни полета. В плоскостта на училищното обучение, това означава да се насърчава осмислянето и интегрирането на ключови идеи в естествените науки, което позволява по-задълбочено обяснение на природните явления и решаване на неструктурирани казуси и проблемни ситуации (Choi et al., 2011); (В) *„Навици на ума“* – освен традиционните умения за осъществяване на експерименти и изследвания тук се включват умения, свързани с прилагане на научни процеси (процедури, методи) при решаване на учебносимулирани проблеми от областта на природните науки и технологиите. Като ключови са определени *уменията за комуникация и сътрудничество* с другите, *уменията за прилагане на доказателства и аргументация на дадена позиция*, *уменията за системно (логическо) мислене* и *уменията за ефективно управление на информацията*, придобивана от различни източници (Choi et al., 2011); (С) *Характер и ценности* – това измерение е обвързано с афективната (мотивационно-ценностната) сфера на личността. Дефинициите за научна грамотност, които съдържат афективни нюанси, най-често ги свързват с отношението и интереса на учениците към природните науки. Авторите на модела допълват тези елементи, като включват система от *личностни черти и ценностни нагласи*, които научнограмотният човек на XXI век следва да притежава: *отговорност* във вземане на решения; *социална и морална чувствителност* (проява на уважение към човешкия живот, към живота изобщо и природата като цяло); *екологичен светоглед* (система от убеждения за съществуването на холистично единство между човека и околната среда) (Choi et al., 2011); (D) *Науката, като сфера на човешката дей-*

ност, включва разбиране на естеството на науката като вид социална дейност или практика, която днес се извършва в големи колективи, опира се на съвкупности от ценности и има нарастващо влияние не само върху личния и социалния живот, но и върху развитието на постмодерното общество в глобална перспектива. Ключова роля в изграждането на съвременна и реалистична представа за същността на науката се отрежда на разбирането, което учениците следва да формират относно: *характерни особености на научното знание като продукт на човешка дейност* (зависимо от теории, условно, базирано на доказателства, емпирично проверимо, със субективен оттенък и др.); *белези на науката като социална дейност* (практикувана в големи общности, интердисциплинарна по обхват, направлявана от вътрешни норми и принципи, податлива на културни и обществени влияния и др.); *връзки на природните науки и технологиите с обществото* (как научните знания и продуктите на науката и технологиите могат да се използват от хората при решаване на проблеми в разнообразен контекст) (Choi et al., 2011); (Е) *Метапознание и саморегулация* – отнася се до способността на индивида да осъзнава и управлява собствената си мисловна дейност, активно да използва познавателни ресурси и когнитивни процеси, като планиране, мониторинг и самооценяване, с оглед решаване на нерутинни проблеми и/или за целите на по-нататъшно учене (Choi et al., 2011). „Метапознание“ (или метапознавателна способност) е терминът, който редица западни учени предпочитат пред „рефлексия“ – мисловен процес (и способност), насочен и осмислен към самопознание – познание за собствената познавателна дейност (себеразбиране от субекта на способите, с които постига решаването на дадена задача) и на собствената личност (умения, поведенчески черти, качества). Независимо от терминологичните различия има достатъчно основания да се признае особената значимост на метапознанието, по-конкретно на неговите регулативни функции в достигането на по-високи нива на природонаучна грамотност в процеса на училищното обучение. Тази теза, изказана от авторите на разглеждания модел, черпи увереност от проучвания, на които те се опират. В тях се установява конструктивният потенциал на метапознанието при опериране с разнообразна информация, в изграждане на кохерентно разбиране за елементите на собствената дейност, а също в избора на подходящи стратегии за решаване на сложни, неструктурирани проблеми, каквито са и глобалните (Choi et al., 2011). *Три ключови умения (и способности)*, до които е операционализирано метаизмерението на модела, са открити като релевантни за придобиване на природонаучна грамотност от учениците в условията на ХХІ век: *планиране на собствената дейност* (поставяне на краткосрочни и дългосрочни цели, избор на подходящи стратегии и селекция на информационни източници за ефективно решаване на конкретна задача), *мониторинг на собствената дейност* (наблюдение и пооперационален контрол върху процеса на решаване на задачата, проверява-

не на резултатите в етапите на изпълнение и пренасочване на неуспешните усилия) и самооценяване (преценка на степента на реализация на поставени цели с рефлексивно възпроизвеждане на извършената дейност и при нужда – коригиране или трансформиране на когнитивни стратегии с оглед решаване на сходни или нови проблеми).

Аспектите, представящи според Choi et al. (2011) грамотността по природни науки, са оразличени аналитично. В действителност, те са взаимнообвързани помежду си, функционират едновременно в „пределите“ на даден контекст (личен, социален, глобален) при водеща позиция на метаизмерението. За разлика от повечето разбирания и рамки за научна грамотност, които наблягат на свойствени за нея когнитивни, функционални (свързани с практически умения) и/или социални характеристики, тук метаизмерението е фундаментално. Неговата най-важна функция е да „гарантира“ усвояването, интегрирането и осъзнатото прилагане на елементите от другите измерения в различни учебни дейности, така че младите хора да придобият необходимите компетентности за грамотно справяне с научните и технологичните предизвикателства на глобалния свят.

В заключение на настоящия анализ ще отбележим работата на Roberts (2007), в която авторът систематизира многобройните дефиниции за природонаучна грамотност в две големи групи, наречени визии – визия I и визия II. Критерий за обособяването им са схващанията на различните участници в образователния процес за целевите приоритети на училищното обучение по природни науки (Roberts, 2007; 2011).

Според визия I обучението следва да бъде ориентирано „навътре към самата наука“, към нейните познавателни продукти, процеси и характеристики на научното търсене. В рамките на това виждане (наричано „сциентистко“), научната грамотност се свързва с овладяване на знания и процесуални умения (умения за „научно изследване“) от учениците в перспективата на науката и независимо от реалния житейски контекст. Илюстрация на визия I е „Проект 2061“ на AAAS и възприетата в него дефиниция за природонаучна грамотност, акцентираща върху научния начин на мислене като необходим и достатъчен за решаване на проблеми от областта на природните дисциплини (Roberts, 2011).

Според визия II обучението в училище следва да бъде насочено към „външния спрямо науката“ контекст, т.е. към разбиране на науката от гледище на широкото ѝ взаимодействие с обществото и с технологиите. Поставя се ударение върху *реалните ситуации*, свързани с природните науки и технологиите – ситуации, които учениците срещат почти ежедневно или е вероятно да срещнат като бъдещи граждани. В рамките на тази визия природонаучната грамотност реферира към овладяване на умения за пренос на придобитите знания в реален житейски контекст за справяне с личностни и обществено

значими проблеми, възникващи с научния и технологичния напредък; придава се значение на рефлексивните умения за разбиране на собствените усилия и способности да се обясняват или прогнозираят природни феномени, както и на гражданската съпричастност във вземане на отговорни решения на въпроси, поставени от природните науки и технологиите (Roberts, 2007). Илюстрация на визия II са например дефинициите за природонаучна грамотност в PISA 2006, PISA 2009 и др. В тях ясно обособен акцент е контекстът, пресъздаващ реални проблеми, отнасящи се до природните науки и намиращи силен социален отзвук (Roberts, 2011).

Дискусия върху същността на понятието и на концепциите за природонаучна грамотност

Прегледът на специализираната литература ясно показва съществуване на многозначни, понякога дори противоречиви разбирания за концепта „природонаучна грамотност“. Част от дефинициите и концепциите онагледяват визия I, други се причисляват към визия II, а някои (напр. в британския проект 21st Century Science) съчетават белези и от двете визии, различни от Roberts (2007). Въпреки разнообразните формулировки и смислови интерпретации на анализираното понятие в тях се забелязват и сходни инвариантни признаци. Обобщаването им, към което се стремим, извършваме от позицията на епистемологичния конструктивизъм, възприет като методологична основа на изследването. Търсим общи допирни точки в множеството дефиниции и концепции за същността на природонаучната грамотност чрез организиране на „задочна“ дискусия върху тях. Съотнасяме съставлящите ги компоненти и проследяваме съпадението или разминаването в мненията за тях, изразени от отделните автори. Припознаването на разнообразните определения за концепта като равноценни и едновременно с това установяването на сходство между тях по статистически път може да гарантира по-висока обективност на процеса и по-голяма надеждност на продукта от обобщението. Подобна процедура на обобщаване е прилагана успешно при теоретични анализи и от други автори, макар и с по-специфична целева ориентация (Fives et al., 2014) или в различни от настоящото проблемни полета (Vassilev, 2006).

Първата стъпка в процеса на обобщение е свързана с диференциране на основни компоненти в съдържанието на понятието „природонаучна грамотност“. По тях ще се сравняват гледните точки, споделяни от различните автори, както и тези, включени в поредица нормативни документи или програми с най-сериозен принос за изясняване на същността на концепта. Аналитичното му разделяне на съставни единици е резултат от предварителен преглед на първични литературни източници по тематиката, част от които са цитирани в предишното изложение. Вследствие на първоначалния обзор бяха генерирани общо 12 характеристики компоненти на природонаучната грамотност, прило-

жени поотделно от всеки от авторите на настоящата работа в индивидуален съпоставителен анализ. След сравняване на получените данни в обща дискусия и групиране на близки по съдържание елементи в конструкти с по-висока степен на обобщеност броят на компонентите беше редуциран до седем.

Данните по процедурата за съпоставителен покомпонентен анализ са организирани в таблица 1. В първите две вертикални колони е представен опитът ни да бъде операционализирано съдържанието на концепта природонаучна грамотност до изграждащи го единици (компоненти). В рамките на изследването те са средство едновременно за теоретичен анализ на понятието и за разгръщане на дискусия.

Първата колона на таблицата включва основни категории, които са еквивалент на родовия признак на понятието „природонаучна грамотност“. Това са общоприети в съвременната наука за образованието категории, чрез които всъщност се дефинира концептът „компетентност“, възприет като базисен в Европейската референтна рамка на ключови компетентности за учене през целия живот: знания, умения/способности и отношения (ценностни нагласи и ориентации, обуславящи поведението на личността). Посочените категории са допълнени с конструкта метапознание, обособен в част от схващанията за природонаучна грамотност като относително самостоятелен аспект в нейното съдържание. Втората колона на таблицата съдържа видовите отличия, т.е. общите съществени признаци на понятието „природонаучна грамотност“. Те, както беше споменато, са изведени чрез предварителен литературен преглед и съставляват теоретична схема, подлежаща на проверка (потвърждение или опровержение) в хода на дискусията. В останалите колони са отбелязани (чрез символ) възгледите на различни автори, както и позициите на свързани с образованието организации по отношение на всяка една от условно разграничените съдържателни характеристики. Списъкът с автори, нормативни документи и международни програми (общо 18) е по години на публикуване. Подборът им се основава на преценката ни за честото им цитиране в специализираната литература, установено след предварителен анализ. Тази преценка е подкрепена и от експертните мнения на различни изследователи, представени в техни исторически и концептуални обзори на проблематиката (Bybee, 1997; DeBoer, 2000; Dillon, 2009; Holbrook & Rannikmae, 2009; Laugksch, 2000; Norris & Phillips, 2003; Roberts, 2007; Roberts & Bybee, 2014; Tafrova-Grigorova, 2013; 2014).

Анализът на данните в таблица 1 ще бъде насочен главно към установяване на сходството между позициите на задочно дискутиращите по всеки от признаците в съдържанието на понятието „природонаучна грамотност“.

По родовия признак видимо се откроява единството в разбирането на природонаучната грамотност като съвкупност от знания, умения и отношения, необходими на учениците за изследване и/или ефективно решаване на проблеми, свързани с природните науки. Тази позиция убедено се споделя от 14 от общо

18 участници в дискусията (77,78%) независимо от акцента, който те поставят върху един или друг аспект на знанията, уменията или оценъчните отношения и нагласи. Още в първите дефиниции (AAAS, 1989; Miller, 1983; Shen, 1975) трите категории се използват като основни дескриптори в съдържателното представяне на научната грамотност. По-нататък тази линия продължава в поредица схващания и нормативни документи от по-ново време (Choi, et al. 2011; Millar, 2006; NRC, 1996; Roberts, 2007), за да намери ясни очертания в теоретичната рамка на PISA 2006, добила висока международна популярност. В нея природонаучната грамотност е описана чрез система от взаимосвързани знания, умения и отношения, които са елементи на ключовите компетентности в областта на природните науки и имат приоритетна роля за успешна реализация на подрастващите в личен и професионален план (OECD, 2006). Тъкмо в концепцията на PISA 2006 (и в PISA 2009) се прокарва схващането, че природонаучната грамотност съдържа и метакогнитивно измерение, което е операционализирано като готовност на индивида „да се ангажира с идеи на науката като рефлексивен гражданин“ (OECD, 2006; 2009). Такава ангажираност изисква не само ценностно отношение към природните науки, но също способност да се осъзнават основанията на собствените действия и техните резултати.

Таблица 1. Сравнение на основни компоненти в дефинициите за природонаучна грамотност, включени в специализираните литературни източници и цитирани в изследването (използвани съкращения: ПН – природни науки, ПНТ – природни науки и технологии)

Категории	Характеристики (компоненти) на природонаучната грамотност	Литературни източници																		
		Pella, et al. (1966)	Shen (1975)	Miller (1983)	AAAS (1989)	NRC (1996)	Hazen, Trefil (1995)	Shamos (1995)	Bybee (1997)	UNESCO (1999)	DeBoer (2000)	OECD (2003)	OECD (2006)	Millar (2006)	Holbrook Rannikmae (2006)	Choi, et al. (2011)	Roberts (2007)	OECD (2013)	NGSS (2013)	
Знания	Фактическо и концептуално знание за природата: познаване на основни термини и разбиране на същността на базисни понятия, закони, принципи, идеи и теории в ПН.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓	✓		✓	
	Знания за същността на науката: разбиране на характерни особености на природонаучното знание (епистемно знание) и на научното изследване (процедурно знание).	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Умения и способности	Изследване („правене на наука“): приложение на знания и процеси на науката за обяснение и прогнозиране на природни явления в учебен контекст.			✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Решаване и вземане на решения на соционаучни проблеми в учебна среда: приложение на знания и процеси на науката при решаване и вземане на информирани решения на личностно и обществено значими научни проблеми		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
	Комуникация и сътрудничество с другите при решаване на учебни проблеми от областта на ПНТ.				✓								✓	✓	✓	✓		
Отношение,	Ценностни нагласи към ПН и отговорно поведение към околната среда: интерес към ПН и към кариерно развитие в сферата на ПН, готовност за търсене на доводи в подкрепа на твърдения, зачитане на ценността на живота и природата.		✓	✓		✓			✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	

Въпреки различните термини, с които се означава, („рефлексия“, „метапознание“, „себепознание“), този аспект експлицитно се извежда в концепциите за природонаучна грамотност, развивани от началото на XXI век – 5 от общо 9 дефиниции (55,56%), представени след 2000 г., оперират с категорията *метапознание* (Choi, et al., 2011; Millar, 2006; OECD, 2006; 2013; Roberts, 2007; 2011). В тях си проправя път тезата, че природонаучната грамотност е не просто комплекс от знания, умения и ценностни ориентации, а способност(и) за съзнателното им мобилизиране и управление при решаване на неструктурирани (вкл. житейски и глобални) проблеми, свързани с природните науки, както и в ученето през целия живот. В сърцевината на тези способности е метапознанието, чиято фундаментална роля за формиране и развиване на научна грамотност открито е заявена в повечето от новите разработки. Следователно експертното съгласие,

достигнато в тази посока, е основание да се твърди, че природонаучната грамотност включва и *метакогнитивно измерение*, което прави по-ефективно усвояването, интегрирането и осмислянето на знанията, уменията и отношенията от младите хора, за да се справят с комплексните предизвикателства на съвременния свят.

По-нататъшният анализ ще проследи водещите тенденции в разбирането на участниците в дискусията за всеки от компонентите, отграничени в съдържанието на понятието „природонаучна грамотност“.

Фактическо и концептуално знание за природата

Диференцирането на тези два типа знание има за основа обновената версия на когнитивната таксономия на Блум, предложена от Anderson et al. (2011) във връзка с формирането на интелектуални умения за решаване на проблеми. В нея авторите разграничават четири категории знание, подредени в йерархични нива (фактическо, концептуално, процедурно и метакогнитивно), като всяко от тях може да взаимодейства с различен по ниво на йерархия когнитивен процес (запомняне, разбиране, приложение, анализ, оценка и създаване). От ъгъла на тази таксономия приемаме за целесъобразен избора на фактическо и концептуално знание в първия компонент на нашата теоретична рамка, като подчертаваме връзката им с *процесите познаване (запомняне) и разбиране*. *Фактическите знания* обхващат знания за базисни факти и термини в природните науки, а *концептуалните* – знания за фундаментални понятия, принципи, закономерности, закони, теории и идеи в полето на природните учебни дисциплини. Както сочат данните в таблица 1, 13 от общо 18 автори и нормативни документи (72,22%) включват в своите интерпретации на понятието „природонаучна грамотност“ познаването на основни термини и разбирането на ключови понятия и концепции от областта на природните науки. Почти единодушно авторите приемат, че овладяването на фактическо и концептуално знание за природния свят е необходимо (но недостатъчно) условие за разбиране на научни съобщения в пресата, при оценяване на надеждността на предоставяни заключения или във вземане на информирани решения от учениците на ежедневни проблеми, свързани с науката. Тази позиция се среща и в 5 от съвременните литературни източници (55,56%), като в тях се наблюдава изместване на акцента от разбиране на частнопредметните към осмисляне на интегративните понятия и идеи в природните науки (Choi, et al. 2011; OECD, 2003; 2006; Roberts, 2007; 2011; NGSS, 2013).

Знания за същността на науката

Този компонент набляга върху *разбирането на същността на науката* (имат се предвид природните науки) от учениците при условията на училищното обучение. Често използвани синоними на израза „същност на науката“

са терминологични съчетания като „естество на науката“ (Irzik & Nola, 2011), „идеи за науката“ (Millar & Osborne, 1998), „характерни особености на природните науки“ (OECD, 2006; 2013), „научни практики“ (NGSS, 2013). В по-широк смисъл, същността на науката се разглежда като цялостен конструкт, обединяващ аспекти от философия, история, социология и психология на науката, всяка от които участва в изясняване на въпросите „какво е наука, как тя работи, как учените функционират като социална група и как обществото не само направлява, но и отговаря на научните търсения“ (McComas et al., 2002). В плоскостта на природонаучното училищно образование изграждането на едно кохерентно разбиране на науката изисква усвояване на знания за съществени характеристики на научното знание, както и на знания за по-важни особености на научното изследване. Смятаме за уместно включването на посочените две групи знания в рамките на този компонент, като ги означаваме с термините, приети в PISA 2015 – *епистемни и процедурни знания* (OECD, 2013). Епистемно е знанието за характерни особености на научното знание, получено вече в резултат на научно изследване, т.е. това е знанието за произхода и статуса на твърденията, генерирани в науката, за предпоставките и ценностните установки на научната дейност, както и за функционирането на базови понятия в науката, като теория, хипотеза, модел, резултат, заключение, аргумент (Allchin, 2011; McComas, 1998). Процедурното знание („зная как“) се определя като знание за основни процедури, методи и практики, на които се опира научноизследователската дейност и които се използват за получаване, валидизиране и разпространение на научните резултати (напр. повторение на измерването, контрол на променливите, начини за представяне и съобщаване на резултати и др.) (Millar et al., 1994). Независимо от различните термини, с които се обозначават, и двата типа знания, представящи естеството на науката, имат несъмнено важна роля за постигане на научна грамотност от учениците. Факт е, че 16 от общо 18 участници в дискусията (88,89%) ясно открояват разбирането на същността на науката като иманентен признак на грамотността по природни науки (таблица 1). Тази линия тръгва от първите дефиниции, в които се изтъква необходимостта от разбиране на процесите и методите на науката (Miller, 1983; Pella et al., 1966) във формалното обучение. По-нататък продължава с едно по-прецизно отдиференциране на фактическото от знанието за същността на науката (Millar, 2006; OECD, 2006; Roberts, 2007; 2011) и класифицирането на последното (OECD, 2013) в контекста на образователния процес. В една или друга степен, повечето от тези работи поддържат тезата, че познаването на същността на науката има за цел не да възпитава философи на науката, а да помага на учения да изгражда реалистична представа за това на кои въпроси може да отговори съвременната наука и на кои не, да разбира и да взема обосновани решения на проблеми, поставени от научно-технологичния напредък на различни нива (индивидуално, социално, глобално).

Изследване

Обединяващ център в този компонент са уменията на учениците да прилагат знанията за природата и за същността на науката при изследване на обекти и явления от живата и неживата природа в учебна среда. От гледна точка на училищното обучение, изследването включва целенасочено организирани дейности на учениците, чрез които те изучават природни обекти и явления, програмно зададени в учебното съдържание, и усвояват нови знания, вникват в същността на научни идеи и постигат разбиране на начини, прилагани от учените за изучаване на природата. Принципно, съществуват различни варианти на изследване със специфична за тях целева ориентация, които често протичат в единство помежду си: дескриптивно (идентифицират се променливите и факторите, които ще се проучват в конкретна ситуация), корелационно (определят се и се разкриват възможни каузални връзки между променливите) и експериментално (прилага се интервенция и се контролират променливите, за да се провери наличието на каузални връзки между тях) (Lederman et al., 2014). Образно казано, всички тези дейности имитират „как се прави наука“, тъй като пресъздават в редуциран вид основни процеси на научното изследване, използвани от учените, за да обясняват и прогнозираят явления от действителността – наблюдения, измервания, експерименти и пр. (NRC, 1996: 23). За осъществяването им в учебен контекст се изисква овладяване на процесуални (*интелектуални и практически*) умения, които се приемат от 12 от общо 18 автори (66,67%) за характерна черта на природонаучната грамотност (таблица 1). В опит за тяхното обобщаване могат да се посочат следните по-важни умения, които са необходими за извършване на изследвания, а оттук и за развиване на природонаучна грамотност от учениците по време на задължителната им общообразователна подготовка по природни науки: определяне на проблеми, формулиране на хипотези, извършване на наблюдения, измервания и експерименти за проверка на хипотези, събиране на информация, систематизиране и анализ на данни; прилагане на математически и статистически методи за обработка на числови данни, извеждане на заключения, базирани на доказателства, представяне, съобщаване и оценка на валидността на заключения (AAAS, 1989; Bybee, 1997; Choi et al., 2011; NRC, 1996; OECD, 2000; 2003; 2006; 2013). Повечето от дефинициите и концепциите за природонаучна грамотност, включени в дискусията, признават единодушно високия потенциал на тези умения в научното обяснение на заобикалящата природна действителност през погледа на всекидневни житейски проблеми.

Решаване и вземане на решения на соционаучни проблеми в учебна среда

За разлика от предходния компонент, който подчертава експерименталните умения за осъществяване на изследвания, тук акцентът е върху уменията и способностите на учещите да решават и да вземат решения на соционаучни

проблеми, симулирани в учебен контекст. С термина „соционаучни“ се означават неясно дефинирани, неструктурирани проблеми, породени от развитието на природните науки и технологиите, с широк отзвук в обществото на различни нива (лично, социално, глобално) (Ratcliffe & Grace, 2003). Примери за тях са въпросите, свързани с генната терапия, ембрионалните стволови клетки и репродуктивното клониране при човека, с глобалните климатични промени, енергийните източници и радиоактивното замърсяване и др. Тъй като отразяват многопосочни взаимодействия между науката, технологиите и обществото, соционаучните проблеми са интердисциплинарни по своята същност и обхващат разнообразни, взаимосвързани аспекти – научни, социални, морални, културни, икономически, политически и др. Способността за решаването им и информираният избор на решение се подчертава почти неизменно в преобладаващата част от определенията и схващанията за концепта природонаучна грамотност. 14 от общо 18 автори, нормативни документи и оценителски програми (77,78%) неотклонно подкрепят и експлицитно извеждат тази характеристика в описанието на научнограмотния човек (вж. таблица 1). От първоначалното обявяване на научната грамотност като способност да се прилага науката за решаване на ежедневни и обществено значими проблеми (Miller, 1983; Shen, 1975;), през откритото заявяване тя да се разглежда като умение и способност да се използва научното знание за вземане на информирани решения по въпроси, свързани с природните науки (Millar, 2006; NRC, 1996; OECD, 2000; 2003; 2006), днес се наблюдава почти пълно единогласие, че за да живеят пълноценно и за да се справят с предизвикателствата в съвременното общество, младите хора трябва да формират умения за решаване на соционаучни проблеми (Choi et al., 2011; Holbrook & Rannikmae, 2009; Roberts, 2011). В тази насока, цитираните литературни източници обръщат специално внимание върху развиването на умения и способности в подрастващите, отнасящи се до разпознаване на проблеми, управление и оценка на надеждността на информацията в различни източници, в т.ч. съобщения в масмедииите, критично и системно мислене, анализ на ползите и рисковете от научно откритие, морални разсъждения, аргументация на позиция и др.

Комуникация и сътрудничество с другите

В рамките на този компонент се включват уменията за социално взаимодействие с другите, като работа в екип при съвместно изследване и решаване на въпроси от областта на природните науки, съпоставяне, аргументиране и оценяване на валидността на заключенията в учебни дискусии, организирани по научнобазирани проблеми в общността, вкл. в интернетсреда. От общо 18 анализирани дефиниции само 5 (27,78%) експлицитно подчертават и извеждат тези умения в съдържанието на природонаучната грамотност (AAAS, 1989; Choi et al., 2011; Holbrook & Rannikmae, 2009; Millar, 2006; OECD, 2013).

Това не означава, че се оспорва градивната функция на комуникативните умения за постигане на научна грамотност. Без да ги декларираат, повечето автори подразбиращо ги приемат като вътрешно присъщи за пълноценното гражданско участие в решаването на обществено значими въпроси, засягащи природните науки (AAAS, 1989; DeBoer, 2000; Miller, 1983; NRC, 1996; Shen, 1975).⁷⁾ Това принципно „съгласие“ е основание да обединим комуникативните умения с уменията за решаване и вземане на решения на соционаучни проблеми в един компонент.

Отношение към природните науки и отговорно поведение спрямо околната среда

Природонаучната грамотност надхвърля „границите“ на знанията, уменията и способностите на учениците за адекватни действия в една наситена с научни продукти среда. За да се справят с проблеми от природонаучен характер, от учениците се изисква и изграждане на отношение (ценностни нагласи и ориентации) към природните науки чрез създаване на подходящ контекст, насърчаващ мотивацията и убедеността в необходимостта от тяхното изучаване. От своя страна, позитивното отношение, ценностите и нагласите към изучаването на природата функционират като норми, регулиращи вземането на решения на соционаучни проблеми и детерминират в значителна степен поведението спрямо околната среда (Choi et al., 2011). Неслучайно афективният аспект, представян от отношението към природните науки и мотивите за отговорно поведение към околната среда, се подчертава в 10 от общо 18 определения (55,56%) за научна грамотност. Това разбиране ясно се долавя в идеята на Shen за гражданска научна грамотност (Shen, 1975), споделя се от Miller (Miller, 1983) и устойчиво се развива в съвременните концепции, където интересът към природните науки, положителните нагласи към научните изследвания, социално и морално отговорното поведение към природната среда се приемат за важни показатели на природонаучната грамотност (Choi et al., 2011; DeBoer, 2000; Holbrook & Rannikmae, 2009; OECD, 2006, 2013; Roberts, 2011; UNESCO, 1999).

Метакогнитивно знание и метакогнитивни умения

Както беше споменато, метапознанието има фундаментална роля за формиране и развиване на природонаучна грамотност, заявена в повечето съвременни дефиниции и схващания за този концепт (9 бр. след 2000 г.). 5 от тях (55,56%) съдържат метапознавателен компонент (Choi, et al. 2011; Millar, 2006; OECD, 2006; 2013; Roberts, 2007), който може да бъде конкретизиран до метакогнитивно знание и метакогнитивни умения. Метакогнитивното знание е знание за основанията и източниците на собствените знания, познавателни действия, убеждения и поведения. Метакогнитивните умения са

свързани с осъзнато и контролирано от индивида прилагане на когнитивни процеси, като планиране, мониторинг и оценяване, позволяващи на индивида да постигне разбиране на своята познавателна дейност. В основата на тези умения (и способности) е рефлексията, разглеждана като мисловна процедура, насочена и осмислена към познание на собствената личност и на собствената когнитивна дейност (Vassilev, 2006). Счита се, че в постмодерния свят, белязан от бързо увеличаване на знанието и неограничен достъп до информационни източници, метапознанието придобива нарастваща важност при управлението и разбирането на необходимата информация за решаване на сложни житейски проблеми с природонаучни измерения. Изборът на адекватни стратегии и вземането на решения как и при какви условия ефективно да се използват научно-технологичните открития на XXI век, също изискват според съвременните автори прилагане на метакогнитивни умения за организиране и регулиране на собственото когнитивно поведение (Choi, et al. 2011).

Ако обобщим резултатите от дискусията върху анализираните позиции за същността на природонаучната грамотност, можем с основание да заключим, че между тях няма непримирими противоречия. Колкото и различни да са мненията, съставките и посоките в нейната интерпретация, в своята цялостност те са достатъчно единни и последователни. В опит да бъде извлечен инвариант от разнообразните дефиниции и схващания, подкрепен от сравнителния им анализ, могат да се обособят няколко *същностни признака, представящи природонаучната грамотност на учениците в началото на XXI век*. Тя е интегрална характеристика на индивида, обединяваща знания, умения, отношения и поведения, чието осмисляне и осъзнато прилагане за изследване и решаване на научнобазирани проблеми в специфичен контекст (личен, обществен, глобален) се насочва и регулира от процеса (и способността за) метапознание. В съдържателната структура на понятието „природонаучна грамотност“ се очертават следните *общи инвариантни признаци*, които се явяват нейни *съставляващи компоненти*: (1) разбиране на основни елементи на фактическото и концептуалното знание за природата; (2) разбиране на същността на науката; (3) умение (и способност) да се прилагат знания за природния свят и за естеството на науката за обяснение на природни явления (изследване); (4) умение (и способност) за решаване и вземане на информирани решения на соционаучни проблеми в различен контекст (личен, обществен, глобален); (5) оценяване на взаимното влияние на природните науки, технологиите и обществото; (6) проява на отношение (ценностна нагласа и ориентация) към природните науки и отговорно поведение спрямо околната среда; (7) познание за собствените знания, познавателни действия, убеждения и поведения при изследване и решаване на проблеми от областта на природните науки (метапознание).

Обобщение

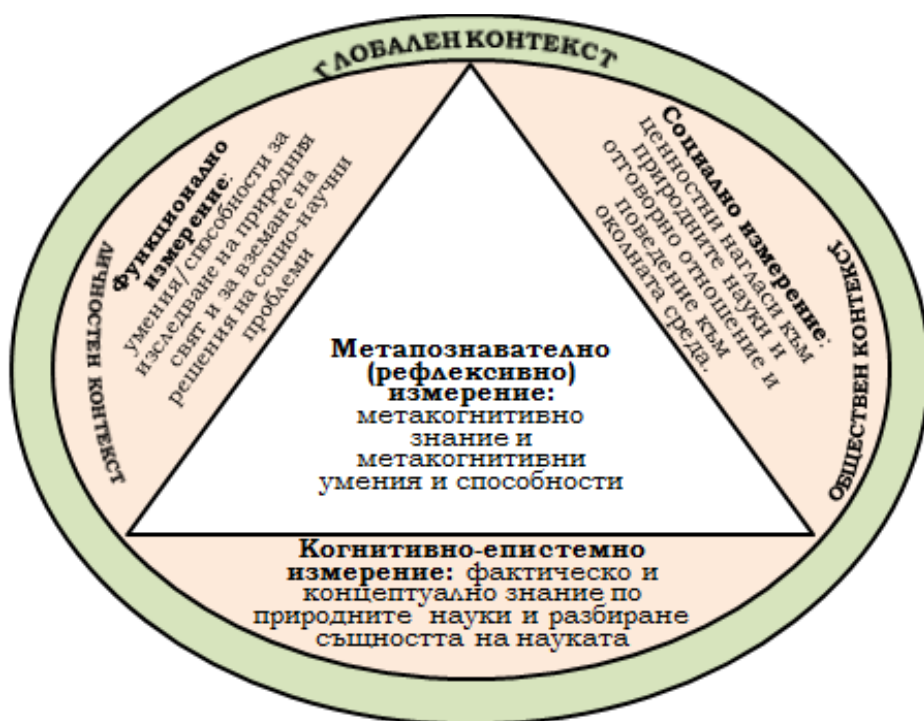
Резултатите от съпоставителния анализ в задочно разгърнатата дискусия между схващанията и концепциите за природонаучната грамотност приемаме като основа за конструиране на холистичен модел, изразяващ единството в разбирането за нейната същност. Теоретичен фундамент на модела е следваната от нас конструктивистка епистемологична парадигма, която насочва към осмисляне на многоаспектните възгледи за научна грамотност от гледище на тяхната устойчивост и приложимост в съвременното образование по природните учебни дисциплини. Важни постановки за конструирането на този модел откриваме също в теоретичната рамка за природонаучна грамотност, разработена от Choi и съавтори (Choi et al., 2011; Mun et al., 2015), в концептуалната рамка на PISA (OECD, 2006; 2013), както и в идеята на Берковска за холистично представяне на концепта компетентност в контекста на литературното образование в средното училище (Berkovska, 2014).

Холистичната конструкция, която предлагаме, интегрира в цялостно единство общите инвариантни характеристики, открити в съдържанието на понятието природонаучна грамотност. Моделът съдържа *4 взаимно-обвързани измерения*, условно обозначени като: *когнитивно-епистемно, функционално, социално и метапознавателно* (рефлексивно) измерение (фиг. 1). Основа за условното разделяне на тези измерения са категориите, обособени в предходния сравнителен анализ, приети за еквивалент на родовите признаци на понятието – знания, умения и способности, отношения и метапознание. Те съответстват и на основни категории в обновената когнитивна таксономия на Anderson и колектив, що се отнася до йерархичните нива на знанието и когнитивните процеси (Anderson et al., 2001). Освен това хармонизират с дефиницията на компетентност като съвкупност от знания, умения и отношения (ценностни нагласи и ориентации). Всяко от четирите измерения операционализираме до ключови компоненти, които отговарят на общите съществени признаци на концепта природонаучна грамотност, изведени вследствие на теоретичната дискусия.

Най-общо когнитивно-епистемното измерение е свързано с развиване на знание и разбиране за природни явления и за същностни белези на природните науки. Наричаме това измерение когнитивно-епистемно, за да подчертаем не само усвояването на фактическо и концептуално знание за природата, но и на епистемно знание за естеството на науката, което е в тесни взаимоотношения с процедурното знание. Операционализирано до основни съставляващи единици, когнитивно-епистемното измерение включва: (1) фактическо и концептуално знание за природата с акцент върху разбирането на техните елементи от учениците (базисни термини, фундаментални понятия, принципи, закономерности, закони, теории и идеи в

полето на природните учебни дисциплини); (2) разбиране на същността на науката, изискващо присвояване на епистемно знание (знание за характерни особености на научното знание) и на процедурно знание (знание за важни особености на научното изследване като процес), интерпретирани в подходящ учебен контекст.

Функционалното измерение е свързано с овладяване на умения (интелектуални и практически) и способности, необходими за формиране и развиване на природонаучна грамотност. Знанието само за себе си няма самостоятелно съществуване и функциониране в познавателната и практическата дейност. Но чрез уменията то може да функционира за решаването на различни задачи (Tzanova & Raycheva, 2012), което ни дава основание да означим това измерение на модела като функционално. В рамките на изследването приемаме дефиницията на Б. Минчев за умение, която е широкоподеляна в българската педагогическа общност. Според тази дефиниция „умението е психофизиологична система, която е свързана с овладяването на определена сложна ситуация и проявява свойството многократна повтораемост“ (Minchev, 1991). В структурно отношение, всяко умение включва две взаимосвързани звена: информационно (представено от специфично знание) и практико-преобразуващо (последователност от операции за преобразуване на знанието в конкретна ситуация) (Tzanova & Raycheva, 2012). Що се отнася до понятието способност, то няма еднозначни определения както в психологическата, така и в педагогическата наука. В същото време, много от формулировките на природонаучна грамотност оперират с това понятие, което налага търсене на възможна дефиниция. Приемаме гледната точка на В. Шадриков, според когото способността е свойство (или съвкупност от свойства) на дадена психична реалност (функционална система), проявяващо се в процеса на нейното функциониране (Shadrikov, 1994). В тази концепция се подчертава оперативният характер на способностите, които се обвързват с изработка на индивидуален способ за извършване на определена дейност и служат като своеобразен критерий за нейната ефективност. Значима за проектирането на нашия холистичен модел, както и за други сходни по замисъл конструкции (Berkovska, 2014), е и тезата на Шадриков за развитието и реализацията на способностите – те не съществуват извън нормите, ценностите и отношенията. Тъкмо в тази взаимна обусловеност може да се търси връзката между функционалното и социалното измерение, включващо оценъчните отношения, нагласите и моделите на поведение.



Фигура 1. Природонаучната грамотност като холистичен конструкт

Функционалното измерение е операционализирано до следните ключови компоненти.

Изследване на природни процеси и явления в учебна среда с акцент на експерименталните умения и способности на учениците, изискващи пренос на фактически и концептуални знания, както и на процедурни знания (напр. определяне на проблеми, формулиране на хипотези, извършване на наблюдения, измервания и експерименти за проверка на хипотези, събиране и обработка на информация, мислене чрез модели, извеждане и представяне на заключения, базирани на доказателства и др.). Решаване и вземане на решения на социално-научни проблеми в учебна среда, пресъздаваща реални или близки до реалността ситуации, с акцент на интелектуалните умения и способности, изискващи широк трансфер на фактически, концептуални, епистемни и процедурни знания (напр. индуктивно и дедуктивно мислене; системно и критично мислене; аргументиране; морални разсъждения и др.). Социалното измерение в рамките на модела е свързано с отношенията (ценностните нагласи и ориентации) към природните науки, както и с поведенческите моде-

ли спрямо околната среда. Понятията „ценност“, „ценностна ориентация“ и „ценностна нагласа“ са гранични, тъй като присъстват в предметната област на различни социални и хуманитарни науки (психология, социология, културология, философия, антропология и др.). В психологическата наука например ценностите се интерпретират като нагласи, жизнени цели, оценъчни стандарти, убеждения, очаквания, намерения, модели на поведение, насоченост на интересите и др. От една страна, ценностите и нагласите са субективни концепции за предпочитани начини на поведение или крайни цели, от друга страна, те функционират като норми и регулатори на социално поведение (Rokeach, 1973). Доколкото социализацията на учещия се осъществява чрез овладяване и прилагане на отношения и модели на поведение в конкретни ситуации, дотолкова имаме основание да наречем това измерение социално. Тук обръщаме специално внимание на отношенията като конструкт, защото тъкмо в тях е заложен личностният потенциал на ученика (потребността от себеизява, постижения, активност и пр.) да развива едно или друго умение, и способност в процеса на обучението.

Социалното измерение е операционализирано до следните ключови компоненти.

Ценностни нагласи, проявени в интереса на учениците към природните науки и към кариерно развитие в тази област, в готовността им да участват в проучването на обществено значими въпроси, свързани с природата, както и в оценяване на значението на научния подход в изследване на проблеми, отнасящи се до природните науки (Petrova & Vasileva, 2007).

Отговорно поведение към околната среда, свързано с проява на уважение към ценността на формите на живот и природата въобще, а също с лична отговорност, съпричастност и готовност за участие в дейности за опазване на природата.

Метапознавателното (рефлексивното) измерение насочва към развиване на метакогнитивно знание и метакогнитивни умения в дейностите за изследване на природни явления и при решаване на соционаучни проблеми, ситуирани в учебна среда. Това измерение има интегрираща роля и водеща позиция в холистичния модел – неговата функция е да обединява елементите от останалите измерения, да подпомага тяхното осмисляне и да направлява осъзнатото им прилагане в широк спектър от ситуации. Основание за особено значимост на метакогнитивното измерение откриваме в проекта DeSeCo на ОИСР за ключовите компетентности на XXI век.⁵⁾ Според този проект всяка личност се нуждае от набор от компетентности за успешен личен живот и за добре функциониращо общество (способност за интерактивно използване на културни инструменти, за социални взаимодействия в хетерогенни гру-

пи и за автономни действия с поемане на отговорност за собствените избори и поведения). В сърцевината на тези компетентности са „разчетени“ тъкмо рефлексивните умения. Проектът DeSeCo ги определя като метакогнитивни умения, свързани с постигане на себепознание от учещия на собствените му личностни черти, равнища на знания и умения, за осмисляне и ефективно решаване на проблеми в реални житейски ситуации.

Рефлексивното измерение е конкретизирано до следните ключови елементи.

Метакогнитивно знание – знание за това, как се извършва мисленето като цяло, и за собственото мислене, в частност. Тук се включват: знанието (на ученика) за особености на собствената мисловна дейност и на собственото учене, като цяло; знанието (метастратегическо знание) за специфични когнитивни стратегии, които могат да се приложат за решаване на определена учебна задача; знанието за особености на познавателните задачи, т. е. при какви условия и кога може да се използва дадена когнитивна стратегия за решение на задачата (Anderson et al. 2001; Flavell et al., 2002).

Метакогнитивни умения и способности – най-общо те са свързани с контрол и регулация на собствената когнитивна дейност (Flavell et al., 2002), което позволява изграждане на кохерентно разбиране за елементите на тази дейност и улеснява избора на подходящи стратегии за решаване на сложни, неструктурирани проблеми (Choi et al., 2011). Ключови за модела са умението (и способността) за планиране, мониторинг и оценяване на собствената познавателна дейност от ученика при изследване на природни явления и в решаване на соционаучни проблеми в различен контекст.

Трябва специално да отбележим, че разграничаването на четирите измерения е само аналитично. В холистичния модел те са взаимнообвързани и функционират едновременно, при това в учебна среда, която пресъздава реален контекст – личен, обществен и глобален. Придаваме особена важност на метакогнитивното измерение за постигане на природонаучна грамотност от учениците в началото на XXI век. То обединява другите измерения и помага на учещите да осмислят и по-успешно да управляват собствената си познавателна дейност при решаване на ежедневни, социални и глобални проблеми.

Ако използваме терминологията на Имре Лакатош, предложената от нас идея за холистично единство на четирите измерения – когнитивно-епистемно, функционално, социално и метапознавателно, може да се отнесе към „твърдото ядро“ на „изследователската програма“ на природонаучната грамотност. Според методологическата схема на Лакатош „твърдото ядро“ е най-устойчивата съставка на дадена научноизследователска програма, което не се поддава на опровержение вътре в нейните рамки (Lakatos, 1970). В случая, холистичният модел, представящ същността на природонаучната грамотност, е зами-

слен и конструиран като единство от взаимно допълващи се и обогатяващи се теоретични идеи. По-нататъшната конкретизация на всяко от тези измерения, допълването им с нови признаци (компоненти) и тяхното технологизиране в практиката образуват вече „защитния пояс“, поемащ натиска на верификационните проверки. Ролята на защитния пояс е не само да предпазва твърдото ядро от опровержение, но и да видоизменя, да обогатява и гъвкаво да приспособява концептуалния модел на природонаучна грамотност към спецификата на училищното обучение по природните дисциплини.

В заключение, ще очертаем възможните практически импликации на предложения холистичен модел, представящ общи инвариантни признаци на конструкта природонаучна грамотност. (1) В аспекта на нормативното регулиране – моделът би могъл да служи като основа за анализ на ДОС (Държавни образователни стандарти) и на учебните програми по предметите от КОО „Природни науки и екология“, за да се проследи какви елементи на природонаучната грамотност са застъпени в нормативните документи, какъв е балансът между тези елементи по хоризонтала (в рамките на учебен предмет) и по вертикала (между учебните предмети в отделните класове) и при необходимост да се търсят корекционни механизми за по-пълната им координация. (2) По отношение на образователните технологии – холистичната конструкция може да задава примерни насоки за проектиране на образователна среда и технологични модели, насочени към формиране и развиване на природонаучна грамотност в процеса на училищното обучение по учебните предмети от КОО „Природни науки и екология. (3) В аспекта на контрола и оценяването – моделът би могъл да функционира в ролята на теоретична схема, която след подходяща операционализация да се използва при конструирането на инструменти за контрол, диагностика и оценка на природонаучната грамотност при ученици от различни възрастови групи, в различни степени и етапи на общообразователната им подготовка.

NOTES / БЕЛЕЖКИ

1. Национална стратегия за учене през целия живот за периода 2014 – 2020 година (НСУЦЖ). Република България, Министерство на образованието и науката.
2. Национална стратегия за насърчаване и повишаване на грамотността (2014-2020). Четенето – ключът за повишаване на грамотността на нацията.
3. http://www.unesco.org/education/GMR2006/full/chapt6_eng.pdf
4. <http://www.21stcenturyscience.org>
5. http://ec.europa.eu/education/policy/school/competences_en
6. https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/1985/10700.pdf

7. <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001180/118048eo.pdf>
8. <http://www.oecd.org/edu/skills-beyond-school/definitionandselectionofcompetenciesdeseco.htm>

REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- AAAS [American Association for the Advancement of Science]. (1989). *Science for all Americans: a project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology*. Washington: AAAS.
- AAAS [American Association for the Advancement of Science]. (1993). *Benchmarks for scientific literacy*. Oxford: Oxford University Press.
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Sci. Educ.*, 95, 518 – 542.
- Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J. & Wittrock, M.C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Berkovska, L. (2014). *Competence approach in literary education secondary school: PhD thesis*. Sofia: University of Sofia [Берковска, Л. (2014). Компетентностният подход в литературното образование в средното училище: дисертация за образователната и научна степен „доктор“. София: Софийски университет „Св. Климент Охридски“].
- Bybee, R.W. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth: Heinemann.
- Chiu, M.-H. & Duit, R. (2011). Globalization: science education from an international perspective. *J. Res. Sci. Teach.*, 48, 553 – 566.
- Choi, K., Lee, H., Shin, N., Kim, S.-W., & Krajcik, J. (2011). Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st century. *J. Res. Sci. Teach.*, 48, 670 – 697.
- DeBoer, G.E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *J. Res. Sci. Teach.*, 37, 582 – 601.
- DeBoer, G.E. (2011). The globalization of science education. *J. Res. Sci. Teach.*, 48, 567 – 591.
- Dillon, J. (2009). On scientific literacy and curriculum reform. *Intern. J. Environ.. & Sci. Educ.*, 4, 201 – 213.
- Fives, H., Huebner, W., Birnbaum, A.S. & Nicolich, M. (2014). Developing a measure of scientific literacy for middle school students. *Sci. Educ.*, 98, 549 – 580.
- Flavell, J.H., Miller, P.H. & Miller, S.A. (2002). *Cognitive development*. Upper Saddle River: Prentice Hall.

- Hazen, R.M. & Trefil, J. (1991). *Science matters. achieving scientific literacy*. New York: Anchor Books Doubleday.
- Holbrook, J. (2010). Education through science as a motivational innovation for science education for all. *Sci. Educ. Intern.*, 21(2), 80–91.
- Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2009). The meaning of scientific literacy. *Intern. J. Environ. & Sci. Educ.*, 4, 275 – 288.
- Hurd, P.D. (1958). Science literacy: its meaning for American schools. *Educ. Leadership*, 16(1), 13 – 16.
- Irzik, G. & Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Sci. & Educ.*, 20, 591 – 607.
- Lakatos, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In: Lakatos, I. & Musgrave, A. (Eds.). *Criticism and growth of knowledge*. New York: Cambridge University Press.
- Lau, K.-C. (2009). A critical examination of PISA's assessment on scientific literacy. *Int. J. Sci. & Math. Educ.*, 7, 1061 – 1088.
- Laugksch, R.C. (2000). Scientific literacy: a conceptual overview. *Sci. Educ.*, 84, 71 – 94.
- Lederman, N.G., Antink, A. & Bartos, S. (2014). Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: a pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Sci. & Educ.* 23, 285 – 302.
- Lindsay, S. (2011). Scientific literacy a symbol for change (pp. 3 – 15). In: Loughran, J., Smith, K. & Berry, A. (Eds.). *Scientific literacy under the microscope: a whole school approach to science teaching and learning*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Liu, X. (2009). Beyond science literacy: science and the public. *Intern. J. Environ. & Sci. Educ.*, 4, 301 – 311.
- McComas, W.F. (1998). The principle elements of the nature of science: dispelling the myths (pp. 53 – 70). In: McComas, W.F. (Ed.). *The nature of science in science education*. Dordrecht: Kluwer.
- McComas, W.F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (2002). The role and character of the nature of science in science education (pp. 3 – 39). In: McComas W.F. (Ed.). *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- Millar, R. (2006). Twenty first century science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *Int. J. Sci. Educ.*, 28, 1499 – 1521.
- Millar, R. & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: science education for the future (the report of a seminar series funded by the Nuffield Foundation)*. London: King's College.

- Millar, R., Lubben, F., Gott, R. & Duggan, S. (1994). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. *Res. Papers Educ.*, 9, 207 – 248.
- Miller, J.D. (1983). Scientific literacy: a conceptual and empirical review. *Daedalus*, 112(2), 29 – 48.
- Miller, J.D. (1987). Scientific literacy in the United States (pp. 19 – 40). In: (Evered, D. & O'Connor, M. (Eds.). *Communicating science to the public*. London: Wiley.
- Miller, J.D. (1998). The measurement of civic scientific literacy. *Public Underst. Sci.*, 7, 203 – 223.
- Miller, J.D. (2006). Civic scientific literacy in Europe and the United States. *Annual Meeting of the World Association for Public Opinion Research*. pp. 1 – 14.
- Minchev, B. (1991). *Situation and skills*. Sofia: University of Sofia Press [Минчев, Б. (1991). *Ситуации и умения*. София: Унив. изд. „Св. Климент Охридски“].
- Mun, K., Shin, N., Lee, H., Kim, S.-W., Choi, K., Choi, S.-Y. & Krajcik, J. S. (2015). Korean secondary students' perception of scientific literacy as global citizens: using global scientific literacy questionnaire. *Int. J. Sci. Educ.*, 37, 1739 – 1766.
- NGSS Lead States. (2013). *The next generation science standards: for states, by states*. Washington: National Academies Press.
- Norris, S.P. & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Sci. Educ.*, 87, 224 – 240.
- NRC [National Research Council]. (1996). *National science education standards*. Washington: National Academies Press.
- NRC [National Research Council]. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington: National Academies Press.
- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development]. (2000). *Measuring student knowledge and skill: the PISA 2000 assessment of reading, mathematical and scientific literacy*. Paris: OECD Publishing.
- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development]. (2003). *The PISA 2003 assessment framework: mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. Paris: OECD Publishing.
- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development]. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2009). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA (2009)*. Paris: OECD Publishing.

- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development]. (2013). *PISA 2015 draft science framework*. Paris: OECD Publishing.
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia J. Math. Sci. & Tech. Educ.* 3, 173 – 184.
- Pella, M.O., O'hearn, G.T. & Gale, C.W. (1966). Referents to scientific literacy. *J. Res. Sci. Teach.*, 4, 199 – 208.
- Petrova, S. & Vasileva, N. (2007). *Natural sciences, school and tomorrow world: results from the participation of Bulgaria – PISA 2006*. Sofia: TSKOKUO [Петрова, С. & Василева, Н. (2007). *Природните науки, училището и утрешният свят: резултати от участието на България в Програмата за международно оценяване на учениците – PISA 2006*. София: ЦКОКУО].
- Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: teaching socio-scientific issues*. New York: McGraw-Hill Education.
- Roberts, D.A. (1983). *Scientific literacy. towards a balance for setting goals for school science programs*. Ottawa: Ministry of Supply and Services.
- Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy (pp. 729 – 780). In: Abell, S.K. & Lederman, N.G. (Eds.). *Handbook of research on science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum.
- Roberts, D.A. (2011). Competing visions of scientific literacy (pp. 11-27). In: Linder, C., Östman, L., Roberts, D.A., Wickman, P.O., Ericksen, G. & MacKinnon, A. (Eds.). (2011). *Exploring the landscape of scientific literacy*. Oxford: Routledge.
- Roberts, D.A. & Bybee, R.W. (2014). Scientific literacy, science literacy, and science education (pp. 545 – 558). In: Lederman, N.G. & Abell, S.K. (2014). *Handbook of research on science education: vol. 2*. Oxford: Routledge.
- Rokeach, M. (1973). *The nature of human values*. New York: Free Press.
- Shadrikov, B.D. (1994). *Activities and abilities*. Moscow: Logos [Шадриков, В.Д. (1994). *Деятельность и способности*. Москва: Логос].
- Shamos, M. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick: Rutgers University Press.
- Shen, B.S.P. (1975). Views: science literacy: public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike science literacy. *Amer. Scientist*, 63(3), 265 – 268.
- Tafrova-Grigorova, A. (2013). Contemporary trends in pupils' science education. *Bulg. J. Science & Education Policy*, 7, 121 – 200 [In Bulgarian].
- Tafrova-Grigorova, A. (2014). Education for enhancing scientific literacy. *Chemistry*, 23, 27 – 47 [In Bulgarian].
- Tafrova-Grigorova, A., Kirova, M. & Boiadjieva, E. (2011). Science teachers' beliefs about scientific literacy. *Chemistry*, 20, 507 – 519 [In Bulgarian].

- Thomas, G. & Durant, J. (1987). Why should we promote the public understanding of science (pp. 1 – 14). In: Shortland, M. (Ed.). *Scientific literacy papers*. Oxford: Rewley House.
- Tzanova, N. & Raycheva, N. (2012). *Methodology of biology education – theory and practice*. Sofia: Pensoft [Цанова, Н. & Н. Райчева. (2012). *Методика на обучението по биология – теория и практика*. София: Pensoft].
- Vassilev, V.K. (2006). *Reflection in knowledge, self-knowledge and practice*. Plovdiv: Markos [Василев, В.К. (2006). *Рефлексията в познанието, самопознанието и практиката*. Пловдив: Маркос].
- Von Glasersfeld, E. (1995). A constructivist approach to teaching (pp. 369-384). In: Steffe, L. & Gale, J. (Eds.). *Constructivism in education*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Yeaman, A.R., Hlynka, D., Anderson, J., Damarin, S.K. & Muffoletto, R. (1996). Postmodern and poststructural theory (pp. 253–295). In: Jonassen, D. (Ed.). *Handbook of research for educational communications and technology*. London: Prentice Hall.

STUDENTS' SCIENTIFIC LITERACY AT THE BEGINNING OF THE 21ST CENTURY: IN SEARCH OF CONCEPTUAL UNIITY

Abstract. The aim of this study is to analyze the most frequently used definitions of the term „scientific literacy“ in the specialised literature and be integrated into a holistic construction essential features which are commonly identified. The methodological basis of the study are the ideas of epistemological constructivism. The theoretical analysis is focused on the definitions of the concept „scientific literacy “ in primary literature sources – articles and documents of international organizations as related to school science education. It has a focus on definitions of the early 90s of the 20th century and especially those after the beginning of the 21st century – the time of intensive educational reforms globally whose general trend is to develop scientific literacy for all students. We have found common aspects between the different definitions by comparing of preliminary extracted components which function as criteria and indicators in the analysis undertaken: (1) Knowledge – factual and conceptual knowledge of the natural world; understanding of the nature of science. (2) Skills and abilities – scientific inquiry of nature phenomena in school setting; solving and decision-making on socio-scientific issues in learning context; communication and collaboration with others. (3) Attitude and behavior – awareness and evaluation of the interactions between science, technology and society; value attitudes and responsible behavior towards the environment. (4)

Metacognition – metacognitive knowledge and metacognitive skills. The results of the analysis are the basis for designing a general model which presents our views of scientific literacy in the early 21st century as a holistic construct. It brings together four interrelated dimensions – cognitive-epistemic, functional, social and metacognitive. These dimensions operate simultaneously in certain context (personal, social and/or global) with leading and integrating role of metacognition.

✉ **Dr. Teodora Kolarova, Assoc. Prof.**

Department of Botany and Biology Education,
University of Plovdiv
4000 Plovdiv, Bulgaria
E-mail: teokolarova@abv.bg

✉ **Dr. Isa Hadjiali, Assis. Prof.**

Department of Biology Education
University of Sofia
8, Dragan Tsankov Blvd.
1164 Sofia, Bulgaria
E-mail: isa.hadjiali@anb.bg

✉ **Ms. Mimya Dokova**

High School of Mathematics and Natural Sciences
Montana, Bulgaria
E-mail: mimiadokova@abv.bg

✉ **Dr. Veselin Alexandrov, Assis. Prof.**

Medical University of Plovdiv
Plovdiv, Bulgaria
E-mail: acionix@gmail.com