

РЕФЛЕКСИВНИЯТ ПОДХОД И РАЗБИРАНИЯТА НА УЧЕНИЦИТЕ ЗА ЕСТЕСТВОТО НА НАУКАТА В ОБУЧЕНИЕТО ПО БИОЛОГИЯ X – XI КЛАС

¹⁾Мимия Р. Докова-Колданова, ²⁾Теодора А. Коларова,
³⁾Ивайло К. Лалков

¹⁾Природо-математическа гимназия – Монтана

²⁾Пловдивски университет „Паисий Хилендарски“

³⁾Профилирана природо-математическа гимназия – Враца

Резюме. Настоящата работа изследва влиянието на експлицитния рефлексивно базиран подход върху разбиранията на учениците за естеството на науката в контекста на обучението по биология X – XI клас. Предложен е методически модел, разработен въз основа на две главни идеи: (1) експлицитно изучаване на същностни аспекти на науката („изменчивост“, „емпирична основа“, „научен метод“, „теории и закони“, „креативност и въображение“, „социокултурна обусловеност“, „субективност“); (2) активизиране на рефлексията на учещите над собствените им епистемологични възгледи при решаване и обсъждане на соционаучни проблеми, симулирани в учебна среда. Изследването е осъществено с 24 ученици, които участват в експериментално обучение, свързано с прилагане на експлицитен рефлексивен подход и базирания на него модел, в продължение на 15 учебни седмици. Представите на учениците за същността на науката са диагностицирани с въпросника Views of Nature of Science Questionnaire (VNOS) – Form C, преведен на български, както и чрез полуструктурирано интервю. Отговорите на въпросите са групирани в три категории, отразяващи различни разбирания за естеството на науката: позитивистки, конструктивистки и междинни. Според данните от въпросника преди експерименталното обучение повечето ученици ($\geq 50\%$) поддържат позитивистки схващания за 4 аспекта на научното познание („емпирична основа“, „социокултурна обусловеност“, „субективност“ и „роля на теориите и законите“), а конструктивистки представи се установяват само за „изменчивостта“ и „ролята на креативността и въображението“ в науката при общо 5 ученици. Резултатите от цялостното изследване показват, че прилагането на експлицитен рефлексивен подход значително редуцира позитивистките разбирания на учениците и стимулира прехода им към междинни и конструктивистки възгледи за естеството на науката.

Ключови думи: същност на науката; разбиране на същността на науката; рефлексивен подход; обучение по биология

Увод

Повече от 60 години същността на науката (*Nature of Science*) и нейното разбиране от учениците в обучението по природните дисциплини е предмет на дискусии и педагогически изследвания. Днес въпросът продължава да е актуален, защото отвежда към една от световните тенденции на реформите в училищното образование по природни науки – формиране и развиване на *природонаучна грамотност* (Lederman, 2007). Тя не се свежда единствено до овладяване на знания по природните науки, нито пък само до усвояване на процесуални умения, необходими за изследване и решаване на проблеми в реален житейски контекст. Важен компонент на природонаучната грамотност е и познаването на основни характеристики, атрибутивни за научното знание и за процесите, чрез които то се създава, валидизира и разпространява в обществото (McComas & Olson, 1998). Осмислянето на тези характеристики е потребно на учениците най-малко по две причини: (1) позволява разграничаване на науката като специфична форма на човешката практика от други форми на човешката дейност, включително псевдонаучни; (2) допринася за разпознаване на научните аргументи и научните обяснения, необходими на хората да вникнат в същността на проблеми, поставени от научно-технологичния напредък, и да участват в процесите за вземане на решения по тези проблеми (Driver et al., 1996; Siegel, 2014). Посочените и други съображения (културни, икономически, морални) са основание за насочване на училищното природонаучно образование към постигане на задълбочено разбиране за това как се генерира и утвърждава научното знание, какви са същностните му белези и как науката взаимодейства с обществото. Неслучайно, през последните две десетилетия, разбирането за естеството на науката е открито като приоритетна цел на училищното обучение по природните дисциплини в редица международни документи за образователна политика (AAAS, 1993; NRC, 1996; OECD, 2006; 2009; 2013), както и в държавните образователни стандарти на много страни (Eurydice Network, 2011; Matthews, 1998; NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012).

Въпреки ясното послание, отправено в нормативните документи, към овладяване на знания за характерните черти на природните науки практиките на училищното обучение показват известно разминаване с очакванията. Различни изследвания с ученици в средна училищна възраст констатирали например, че повечето от тях поддържат наивни възгледи за науката – възприемат природонаучното знание като абсолютна, окончателно доказана истина, убедени са в съществуването на един „универсален“ метод, чрез който се „прави“ наука, и смятат, че въображението и творчеството нямат място в научното търсене (Dogan & Abd-El-Khalick, 2008; Kangetal, 2005; Lederman, 2007; Smith et al., 2000). Други проучвания установяват затруднения при ученици от юношеска възраст, когато от тях се изисква да обяснят ролята на теориите и законите в

биологичните науки – теорията се счита за доказана хипотеза, а законите – за абсолютни и непогрешими (Sandoval & Morrison, 2003). В същата възрастова група, много от учениците не разграничават експериментални данни от изводи (Khishfe & Lederman, 2007). Тук трябва да се отбележат незадоволителните постижения по природни науки на българските ученици, документирани в международните измервания TIMSS и PISA: 2006, 2009, 2012, 2015. В областта, в която се проявява разбирането за естеството на науката и научното изследване („Познание за природните науки“), средният резултат на българските ученици е значително по-нисък от резултата в областта „Познание по природни науки“ (Tafrova-Grigorova, 2013). Данните от тези измервания установяват, че равнището на природонаучна грамотност сред 15-годишните ученици в България е далеч по-ниско от средните постижения на техните връстници в страните от ОИСР (Petrova & Vasileva, 2007; Petrova, 2010). Резултатите от подобни изследвания събуждат опасения за сериозни трудности, които подрастващите е твърде вероятно да срещнат при вземане на житейски решения, изискващи известно разбиране на науката и присъщи за нея белези, разграничаващи я от алтернативни форми на познание за света (Lederman, 2007).

В тази насока важна задача на изследователите в областта на природонаучното образование е да предложат подходи и технологични модели, които да осигурят по-задълбочено вникване в естеството на съвременната наука. Част от изследователските търсения се фокусират към концепциите за рефлексията, и по-конкретно към прилагането на рефлексивен подход в професионалната подготовка на учители по природни науки, а така също в училищното обучение по биология, химия и физика. В основата на рефлексивния подход се залага идеята да бъде активизирана рефлексията на учещия над познавателната дейност, организирана с цел експлицитно разкриване на аспекти от същността на науката, предварително зададени като очаквани резултати. Разработките, обединени около този замисъл, установяват положителен ефект на рефлексивния подход върху развитието на епистемологичните разбираня, изразено в значителна редукция на наивните, позитивистки представи и ръст на информираните, по-прецизни схващания за естеството на природните науки (Dogan & Abd-El-Khalick, 2008; Khishfe, 2012; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe & Lederman, 2006; Koksai, et al., 2013; Lederman, 2007; Tsai, 2006). Повечето от емпиричните изследвания са осъществени с практикуващи и бъдещи учители по природни науки (Akerson et al., 2008; Bell et al., 2011; Celik & Bayrakceken, 2012; Clough, 2006; Küçük, 2008; Schwartz et al., 2004). Значително по-малко са работите, главно чуждестранни, които проучват как рефлексивният подход влияе върху възгледите за същността на науката при ученици в гимназиалния етап на биологичното образование (Khishfe & Lederman, 2006; Khishfe & Lederman, 2007; Khishfe, 2012; Koksai, et al., 2013;

Tsai, 2006). Внимателният преглед на цитираните разработки е основание да се допусне, че активизирането на рефлексията над познавателната дейност, насочвана към разкриване и осмисляне на същностни признаци на науката в обучението по биология, ще задълбочи епистемологичните разбирания на учениците. Изказаната идея, за която не откриваме предшественик в теорията и практиката на обучението по биология, задава насока на изследователската ни работа.

Цел на настоящото проучване е да се изследва как влияе рефлексивният подход върху разбиранията на учениците за естеството на науката в контекста на обучението по „Биология и здравно образование“ (X – XI клас).

Основните въпроси, на които търсим отговор в представяното изследване, са: (1) Какви изменения, ако се установят такива, настъпват в разбиранията на учениците за естеството на науката при условията на експериментално обучение по „Биология и здравно образование“ X – XI кл., базирано на рефлексивен подход; (2) Насърчава ли рефлексивният подход развитието на задълбочени разбирания на учениците за естеството на съвременната наука в контекста на обучението по „Биология и здравно образование“ X – XI кл.

Теоретична рамка

Съобразно целта и въпросите на настоящото изследване, теоретичната рамка обхваща три съдържателни компонента, обособени след предварителен литературен обзор: (1) дефиниции за естеството на науката в контекста на природонаучното образование; (2) схващания за основните аспекти, характеризиращи същността на науката в контекста на училищното образование; (3) идеи за педагогически подходи, стимулиращи и подобряващи разбирането за естеството на науката. Всеки от компонентите е анализиран в по-нататъшното изложение.

„Естеството на науката“ в контекста на природонаучното образование

Към края на 80-те и началото на 90-те години на XX век фразата „естество на науката“ (*Nature of Science, NOS*) придобива нарастваща популярност в световната педагогическа общност. Повод за това са доклади на различни организации за реформи в училищното образование, свързани с необходимостта от подобряване на природонаучната грамотност (AAAS, 1989; 1990; 1993). Често цитирани са два от докладите на Американската асоциация за напредък в природните науки (*American Association for the Advancement of Science – AAAS*) по изпълнение на Проект 2061 – *Science for All Americans* (1989) и *Benchmarks for Science Literacy* (1993). В тях се отбелязва, че в обучението по природните дисциплини трябва да се усвояват не само знания *по* природните науки, но и знания *за* науката – за нейната история и методология, за връзката ѝ с интелектуалните и културните традиции, върху които се опира (AAAS, 1989; 1990; 1993).

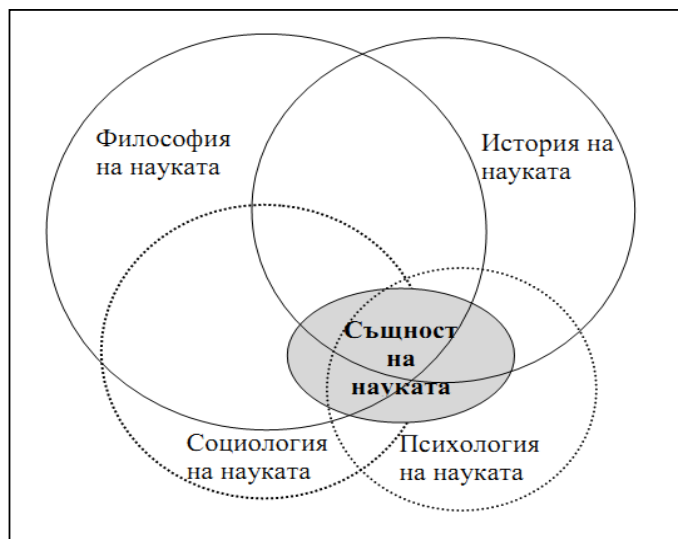
Днес често използвани синоними на израза „естество на науката“ са терминологични съчетания като „същност на науката“ или „природа на науката“ (Irzik & Nola, 2011; Tafrova-Grigorova, 2013), „идеи за науката“ (Osborne et al., 2003), „характерни особености на природните науки“ (Matthews, 2012; OECD, 2013), „научни практики“ (NGSS, 2013). Терминът „наука“ (*science*) в тези словосъчетания е конкретизиран в тясното му значение на „природни науки“ (биология, физика, химия и науки за Земята).

По данни на Chang и съавтори (Changet al., 2010) един от най-цитираните автори в педагогическите изследвания върху същността на науката за периода 1990 – 2007 г. е N. Lederman. Дефиницията за този конструкт, възприета от Lederman и неговите съмишленици, се основава на схващането за науката като съставена от три взаимосвързани сфери, които са с ключова важност за формиране на природонаучна грамотност: (1) система от знания по природните науки; (2) система от процеси и методи; (3) начин на познание на природата, базиран на определени ценности и убеждения (Lederman, 2007). Естеството на науката се причислява към третата сфера и се разглежда като „начин на познание“, свързан с разкриване на епистемологичните основания за конструиране на научно знание. Според това схващане „същността на науката се отнася до епистемологията¹⁾ на науката или до ценностите и убежденията, които са присъщи за създаването и валидизирането на научно знание“ (Lederman, 1992).

Представената дефиниция очевидно свежда естеството на науката до епистемологичните характеристики на вече полученото научно знание (като продукт), но самите дейности, т.е. процесите на научно изследване (*scientific inquiry*) са изключени от съдържанието на конструкта. Lederman и съавтори подчертават, че независимо от тясното взаимодействие между същността на науката (научното знание) и процесите на изследване те не са равнозначни и следва да бъдат разграничени. Както в научната практика, така и в учебна среда се осъществяват широк кръг изследователски дейности за изучаване на природни обекти и явления (наблюдения, измервания, експерименти, формулиране и проверка на хипотези, анализ и интерпретиране на данни и пр.). Само по себе си, изпълнението на тези дейности, т.е. „правенето на наука“ не гарантира и не е задължително да изисква разбиране на епистемологичните им предпоставки. Извършването на наблюдение например, посредством различни инструменти, не води непременно изследователя или учения до осъзнаване на теоретично обусловената природа на наблюденията (Lederman et al., 2014).

Едно по-широко определение за „същността на науката“ представят McComas & Olson (1998). То е изведено след предварителен анализ на нормативните изисквания относно познанията за естеството на науката, отразени в осем международни нормативни документа (главно стандарти) за училищ-

ното образование по природни науки в САЩ, Австралия, Великобритания, Нова Зеландия и Канада. McComas и Olson установяват наличието на явен консенсус между експертите в образованието по въпроса какви съществени черти на науката следва да намерят място в обучението по природните предмети в училище. Авторите групират тези характеристики в четири категории, съответстващи на четири обществено-хуманитарни дисциплини: философия на науката, история на науката, социология на науката и когнитивни науки (психология). Вследствие на извършения анализ McComas & Olson (1998) определят *естеството на науката като интегративен конструкт, „обединяващ аспекти от философия, история, социология и психология на науката в цялостно описание, разкриващо какво е наука, как тя работи, как учените функционират като социална група и как обществото не само направлява, но и отговаря на научните търсения“*. Накратко, естеството на науката не се свежда само до епистемологията, а е пресечно поле между философия на науката, история на науката, социология на науката и психология на науката (фиг. 1).



Фигура 1. Същността на науката в пресечното поле на фундаментални дисциплини, които изучават нейни характерни особености (по McComas & Olson, 1998)

Всяка от посочените научни области, от ъгъла на собствените си изследвания, търси отговор на въпросите „Кои са онези съществени белези, разграничаващи науката от други форми на знание (изкуство, религия и др.)?“,

„Как се създават и обосновават научните знания?“, „Как научната общност постига съгласие за валидността на едно или друго научно твърдение?“ и др. (McComas et al.1998). Макар че всичките четири дисциплини се стремят да опишат какво е наука и как тя функционира, McComas и Olson отбелязват, че степента им на влияние върху разбирането за нейната природа не е еднаква. Затова големината на кръговете във фиг. 1, символизиращи тези научни области, приблизително демонстрира степента, в която всяка от тях допринася в изграждането на цялостна картина за науката (McComas & Olson, 1998). Най-силно е влиянието на философията и историята на науката върху познанието за науката, но социологията и психологията прибавят други важни аспекти. Според данните от анализа на McComas и Olson (1998) философията на науката е представена във всички нормативни документи с твърдения за изменчивия характер на научното знание, а историята на науката участва с разбирането за влиянието на социалния и историческия контекст върху създаването на научни знания. Социологията допринася в изграждането на цялостна представа за науката чрез схващания, отнасящи се до етичните и културните норми на научната дейност, както и до взаимната връзка между науката и обществото. Психологията допълва образа за науката с възгледи за по-характерни черти на учените, като креативност и въображение в генерирането на научно знание, но се посочва и възможността за заблуда при наблюдението.

Основни аспекти, изразяващи същността на науката в контекста на училищното обучение по природните дисциплини

Въпреки различията в дефинициите за естеството на науката между изследователите е постигнат известен консенсус (макар и не съвсем пълен) относно въпроса кои съществени характеристики на науката са необходими и адекватни за изучаване в обучението по природните дисциплини (от I до XII клас). Доказателство за наличието на консенсус са метаобзорни и емпирични проучвания, в които се прилагат разнообразни методи и процедури: анализ на литературни източници в областта на историята и философията на науката, включително учебници (AAAS, 1990; Abd-El-Khalick et al., 1998; 2008; Hodson, 1991; NRC, 1996), идентифициране на сходства в национални и международни документи за реформи в образованието по природни науки (Lederman, 1992; 2007; McComas & Olson, 1998) или търсене на общи гледни точки сред експерти, практикуващи в различни научни области, включително учени (Osborne et al., 2003). Резултатите от извършените проучвания показват удивителна прилика в изведените от авторите всеобщи аспекти, характеризирани природните науки, като цяло (Abd-El-Khalick, 2012; Kampourakis, 2016; Wong & Hodson, 2010). Тези аспекти обхващат съществени белези както на природонаучното знание, така и на процесите, чрез които то се създава, а също и хуманитарни елементи на науката: измен-

чивост, емпиричен характер, теоретична натовареност и субективност на научното знание, различия между наблюдения и заключения, а също между теории и закони, използване на разнообразни научни методи (а не на един „универсален“ метод), роля на креативността и въображението на учените в генериране на научни знания, социално-културна обусловеност на науката и взаимодействие с обществото (Abd-El-Khalick, 2012; Kampourakis, 2016; Lederman, 2007; McComas & Olson, 1998; McComas, 2008). Посочените същностни белези са систематизирани в таблица 1, където са придружени с кратка характеристика.

Таблица 1. Основни аспекти, характеризиращи същността на науката и адекватни за обучението по природните дисциплини в училище (по Abd-El-Khalick, 2012; Lederman, 2007; McComas, 2008)

Основни аспекти	Кратко описание
Емпиричен характер	Научните твърдения се базират на и/или произтичат от наблюдения на природния свят. Макар че някои високо абстрактни форми на научно знание са изведени чрез логически разсъждения, принципно валидността на научните твърдения се обосновава по експериментален път, чрез емпирични доказателства.
Наблюдения и заключения	Наблюденията и заключенията се различават съществено: резултатите от наблюденията са констатации за особености на природни явления, които са достъпни за човешките сетива (или могат да се видят с увеличителни прибори); заключенията са логически изведени твърдения за особености на природни явления, които не могат да се измерват директно, а чрез техни прояви или ефекти.
Научни теории и закони	Теориите и законите са две различни форми на знание. Теориите са общоутвърдени, обосновани и вътрешно консистентни системи от твърдения, които предлагат логическо обяснение на различни явления, генерират изследователски проблеми и дават насоки за бъдещи проучвания. Законите са описателни твърдения за връзки между наблюдаеми явления. Теориите и законите не са йерархично свързани помежду си – теорията не се превръща в закон при натрупване на „достатъчно“ доказателства, и обратно – законът не прераства в теория.
Креативност и въображение	Науката не е само рационална, систематична и логически организирана дейност. Креативността и въображението на учените имат важна роля във всички етапи на изследователската им дейност – в производството на научно знание, при създаването на научни обяснения, в построяването на теоретични модели, при обобщаването и интерпретирането на получени данни и пр.

Субективност / теоретична „натовареност“	Теоретичните схващания, убежденията, ценностите, предходният опит и очакванията на учените внасят субективни елементи в научните твърдения и влияят върху изследователската им работа – при избора на проблем и методика на изследване, в анализа на резултатите от наблюдения и експерименти и т.н. Освен това научното знание се формира и се развива в контекста на дадена теоретична концепция (или парадигма), утвърдена за даден отрязък от време, която повлиява научните изследвания.
Изменчивост (хипотетичност)	Научното знание е надеждно и трайно, но никога не е абсолютна, окончателно дадена истина – то е хипотетично, променя се под влияние на нови доказателства, технологии, открития и социокултурни фактори; самокоригира се в резултат на скептицизъм от учените и/или заради ревизиране на съществуващи теоретични идеи и изследователски програми.
„Научен метод“	В съвременната наука не съществува един всеобщ метод или универсална практика, които биха гарантирали създаването на „сигурно“ и непогрешимо знание. Учените прилагат много и разнообразни методи на изследване – наблюдават, сравняват, измерват, тестват, издигат хипотези, дискутират, сътворяват идеи и концептуални средства, конструират теории и модели и т.н.
Социално-културна обусловеност	Като форма на човешка дейност, науката е вплетена и се практикува в определена социално-културна среда. Научната практика се влияе от множество фактори – обществена уредба, икономика, политика, културни и религиозни убеждения и др. Научното знание се конструира, оценява и разпространява в социален контекст, включващ научни общности, институции, обществото, като цяло. Културните ценности определят в значителна степен подбора на начини и средства за генериране, валидизиране и прилагане на научното знание в различни сфери на общественния живот.

Подходи за разкриване на естеството на науката в обучението по природните дисциплини

Абстрактните, на пръв поглед, характеристики, изразяващи естеството на природните науки, отправят сериозно предизвикателство към изследователи и преподаватели – как да се организира учебният процес, така че учещите (в различните образователни степени и етапи) да осмислят многоаспектната същност на съвременната наука. За целта в педагогическата практика се прилагат *различни подходи*, разделени най-общо в *три групи* – исторически, „имплицитен изследователски“ и „експлицитен рефлексивен“ подход.

Историческият подход се смята за класически – при него се интегрират примери от историята на науката в учебното съдържание (по химия, биоло-

гия, физика) и/или в операционно-дейностния компонент на обучението. Резултатите от прилагането на подхода са противоречиви – за някои от същностните аспекти на науката (напр. изменчивост на научното знание) се отчита напредък в представите на учениците, но други особености, като теоретична обусловеност, различаване на теории от факти и закони, трудно се осъзнават (Solomon et al., 1992). Като цяло, доминират преценките за ниска ефективност на подхода в постигането на информирано и адекватно разбиране за естеството на научното познание от учещите (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Lin & Chen 2002; Olson et al., 2005).

Имплицитният изследователски подход се основава на допускането, че активното участие на учениците в изследователска дейност (лабораторна, практическа), имитираща „как се прави наука“, само по себе си е достатъчно да насърчи разбирането за природните науки. Същностните белези на науката са заложени имплицитно в акта на изследване и не е нужно да бъдат във фокуса на внимание. Осъзнаването им е „вторичен продукт“ или естествена последица от „правенето“ на наука“ („учене чрез правене“, „учене чрез изследване“). Множество педагогически експерименти установяват твърде слаб ефект на подхода върху развитието на съвременни възгледи за природата на науката при учениците от различни възрасти (Aydeniz et al., 2011; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe, 2008; Meichtry, 1992; Yacoubian & Bou Joaude, 2010). Резултатите от подобни изследвания не са повод за дистанциране от изследователските дейности в училище – несъмнено те имат ценна роля за формиране на процесуални умения, които са важен аспект на природонаучната грамотност. Но когато стремежът е да се постигне разбиране за характерни особености на научното знание и научната практика, по-уместно е изследователските дейности да се възприемат не като цел, а да служат като контекст, в който учениците осмислят същностни аспекти на науката (Lederman, 2007).

Третият подход е т.нар. *експлицитен рефлексивен подход*. В това словосъчетание с термина „експлицитен“ се означава ясно, изрично обособяване на аспекти, характеризиращи същността на науката и планирането им като цели на обучение под форма на очаквани познавателни резултати в даден съдържателен контекст. В съответствие с целите се организират дейности (изследване, лабораторна работа, изграждане на модели, „чиракуване“ в автентична среда и др.), фокусирани към разкриване и осмисляне на определен аспект (или аспекти) от същността на науката. Терминът „рефлексивен“ поставя акцент върху рефлексията на учещите над целенасочено организираната познавателна дейност. За активизиране на рефлексията, най-вече на рефлексивното мислене, се използват разнообразни методи и средства (дискусии по учебно симулирани научни проблеми, ролеви игри, рефлексивни дневници и въпроси и др.). Очаква се, че рефлексивното мислене ще позволи „невидимите“ аспекти на научното знание и изследване, неявно зададени в дейността, да се пре-

върнат в явни, видими за учения, т.е. да станат предмет на осъзнаване и осмисляне. Очакванията се потвърждават от педагогически изследвания (главно чуждестранни) както с учители (Akerson et al., 2008; Bell et al., 2011; Schwartz et al., 2004), така и с ученици от VI – XII клас в обучението по природни науки (Akerson & Hanuscin, 2007; Dogan & Abd-El-Khalick, 2008; Khishfe & Abd-El-Khalick 2002; Khishfe & Lederman, 2007; Koksall, 2013; Sandoval & Morrison, 2003; Yacoubian & Bou Joaude, 2010). Резултатите от тези изследвания доказват конструктивния потенциал на рефлексивния подход в изграждането на по-задълбочено и по-адекватно разбиране за естеството на науката, отколкото при условията на другите два подхода (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe & Lederman, 2007; Koksall et al., 2013; Yacoubian & BouJoade, 2010).

Организация и методика на изследването

Извадка

Представителната извадка включва общо 24 ученици ($n = 24$) от X – XI клас, които са на възраст между 16 – 18 години. Те са избрани от обща популация ученици ($N = 33$) в същата възрастова група в зависимост от наличието на цялостния комплект попълнени въпросници, използвани преди и в края на педагогическия експеримент, за да се диагностицира разбирането за същността на науката. По време на изследването (2016 – 2018 г.) учениците са обучавани в Природо-математическата профилирана гимназия – Монтана. Съобразно профила на училището и според действащите през периода нормативни документи²⁾ учениците от X клас изучават „Биология и здравно образование“ по учебната програма за профилирана подготовка по този предмет в IX клас, а учениците от XI клас изучават същия предмет по учебната програма за профилирана подготовка в X клас.

Организация на изследването

Настоящото изследване е от типа на лонгитюдните (дългосрочни) проучвания, при които променливите величини се наблюдават и се отчитат на големи интервали от време. В съответствие с формулираната цел изследването е проведено в рамките на две учебни години (2016/2017 и 2017/2018 г.) в естествена учебна среда. През този двугодишен период се проследяват евентуалните изменения в разбиранията на учениците за естеството на научното знание и за научното изследване. Тази променлива величина се наблюдава и измерва при едни и същи ученици от извадката при условията на експериментално обучение по биология в X и в XI клас.

Съобразно целта и дефинираните в предходното изложение въпроси педагогическото изследване е организирано по схемата: (1) входящо измерване, чрез което се диагностицират нивата на разбиране за естеството на науката при учениците в X кл.; (2) формиращ педагогически експеримент, при който в рамките

на две учебни години се прилага методически модел, базиран на рефлексивен подход в обучението по „Биология и здравно образование“ X и XI клас; (3) изходящо измерване в края на експеримента, чрез което се отчитат настъпили изменения в представите за естеството на науката при ученицитев XI кл.

Характеристика на педагогическия експеримент

Контекст на експерименталното обучение (учебно съдържание, теми)

За осъществяване на експерименталното обучение е подбрано учебно съдържание от програмния учебен материал за профилирано обучение по „Биология и здравно образование“ в IX и X клас (15 теми). Повечето от тематичните единици се разработват в рамките на 2 учебни часа. От *учебното съдържание за IX клас*³⁾ са включени общо 8 теми от разделите, свързани с изучаване на *екология и клетъчна биология*: „Светлината като екологичен фактор“ (2 ч.); „Температурата като екологичен фактор“ (2 ч.); „Водата като екологичен фактор и среда на живот“ (2 ч.); „Екосистема. Изменчивост и развитие на екосистемите“ (2 ч.); „Биосфера – произход, структура и развитие“ (2 ч.); „Нуклеинови киселини. Дезоксирибонуклеинови киселини“ (3 ч.); „Репликация – биосинтез на ДНК“ (2 ч.); „Възпроизвеждане на клетката. Мейоза“ (2 ч.).

От *учебното съдържание за X клас*⁴⁾ са избрани общо 7 теми от разделите, свързани с изучаване на *генетика и биологична еволюция*: „Взаимодействия на гените. Взаимодействия на алели на един ген“ (2 ч.); „Взаимодействия на гените. Взаимодействия на алели на различни гени“ (2 ч.); „Унаследяване, свързано с пола“ (2 ч.); „Наследствени болести при човека. Хромозомни болести“ (3 ч.); „Наследствени болести при човека. Молекулни болести“ (2 ч.); „Съвременни идеи за произхода на живота“ (2 ч.); „Еволюция на човека. Генетични основи на антропогенезата“ (2 ч.).

Селекцията на посоченото тематично съдържание е мотивирана от следните съображения: (1) Темите притежават богати познавателни възможности за инсцениране на широк кръг социално-научни проблеми – неструктурирани проблеми, които са извлечени от реалната действителност и отразяват сложни противоречия между науката и обществото, като обхващат разнообразни, тясно взаимодействащи аспекти (социални, научни, морални, културни, икономически и др.). Този род проблеми (напр. глобалните климатични изменения, генетичната диагностика, генномодифицираните организми и др.) са подходящ контекст за организиране на учебни дейности, подпомагащи учениците да осмислят различни аспекти от същността на науката (хипотетичен характер и субективни измерения на научното знание, социално-културни влияния на науката и др.). Тъкмо чрез разсъжденията си по социално-научни проблеми, при сблъсъка между алтернативни позиции, учещите изразяват, но също коригират, прецизират и развиват своите разбирания за естеството

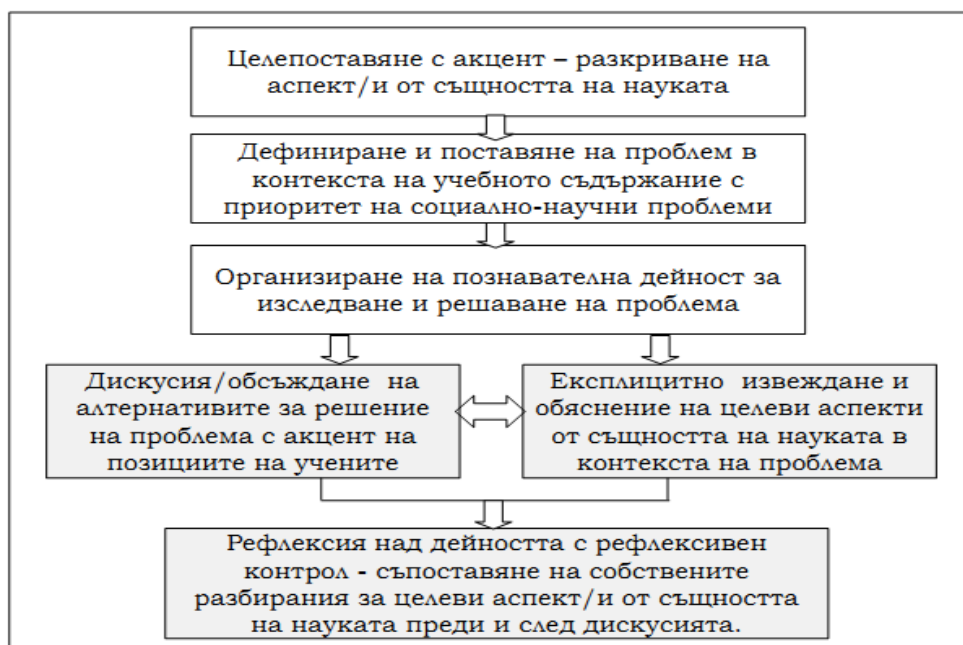
на науката, потвърдено от педагогически изследвания (Khishfe, 2012; 2014; Khishfe & Lederman, 2006; Lederman et al., 2014; Sadler et al., 2004; Walker & Zeidler, 2007); (2) Избраното съдържание (макар и не единствено) позволява осъществяване на изследователска работа (практическа, лабораторна), свързана с разкриване на основни характеристики, присъщи за науката и научното изследване (напр. критичен анализ на доказателства, разграничаване на факти от заключения, прилагане на разнообразни методи и др.); (3) Конструктивният потенциал на темите за проблематизиране на обучението открива възможности за активизиране на рефлексията и рефлексивното мислене – то има за начало затруднение или съмнение и започва, когато човек е изправен пред проблем, пред дилема, предлагаща различни алтернативи (Dewey, 1997).

Методически модел на експерименталното обучение

Методологическа основа за изграждане на модела са концепцията за всеобщите характеристики, отразяващи естеството на природните науки и идеите на експлицитния рефлексивно базиран подход в обучението. Следвайки тези теоретични постановки, както и идеите на други изследователи за процесуалното разгръщане на рефлексията в педагогическата дейност (Hadjiali et al., 2017), търсим начин за трансферирането им в профилираното обучение по „Биология и здравно образование“ X – XI кл. с отчитане на неговата специфика (цели, учебно съдържание, възрастови особености на учениците). Опит за такъв трансфер е представен в предложения методически модел, който обхваща атрибутивни за процеса на обучение компоненти (целеви, мотивационен, съдържателен, операционно-дейностен, контролно-регулировъчен и оценъчно-резултативен), интерпретирани в очертаната методологична рамка. В границите на модела всеки от компонентите е конкретизиран до набор от дейности, които функционално се реализират в определена последователност, във вид на своеобразни етапи, проектирани за класно-урочната форма на обучение (фиг. 2).

Поставяне на цели

Учителят осъществява избор от очакваните резултати за дадена тема, зададени в учебната програма, като включва в набора от цели аспект (или аспекти), разкриващи същността на науката и научното изследване. Изборът на аспект(и) се обуславя в една или друга степен от учебното съдържание. Например в методичните единици към темата „Екологични фактори на средата“ целесъобразни за изучаване са характеристики на научното знание, като емпиричен характер, различия между данни от наблюдения и заключения, субективност на научните твърдения, що се отнася до обясненията на парниковия ефект, въобще на глобалните климатични промени, и др.



Фигура 2. Методически модел, базиран на рефлексивен подход за изграждане на разбиране за естеството на науката в обучението по биология (X – XI кл.)

Дефиниране и поставяне на проблем с приоритет на социално-научните проблеми. Формулирането на конкретен проблем се осъществява от учителя или самостоятелно от учениците, което има мотивираща функция и преди всичко създава условия за активизиране на рефлексия. Всяка от темите, подбрани за експерименталното обучение, съдържа богат потенциал за поставяне на подобен род въпроси, които, на свой ред, осигуряват контекст за осмисляне на характеристики, присъщи за науката и научното изследване (хипотетичност на научните твърдения, социални и културни влияния на науката и др.). Примерни проблеми, уместни за темите „Екологични фактори на средата“ и „Екосистема. Изменчивост и развитие на екосистемите“, са: „Парниковият ефект – факт или измислица?“, „Ядрена енергия срещу възобновяеми енергийни източници“, „Генномодифицираните организми – ползи или рискове за околната среда?“ и др.

Организиране на учебно-познавателна дейност за изследване и решаване на поставения проблем

Приоритет в модела е самостоятелната дейност на учениците, изпълнявана най-често в интерактивен групов режим – работа в малки групи. Основ-

ният замисъл на дейностите не се ограничава само и единствено до анализ и решаване на зададения проблем, а насочва учениците към извеждане на даден аспект (аспекти) от същността на науката. За осъществяване на дейностите се използват различни методи, сред които работа с текст (анализ на информация в научни и научнопопулярни статии), наблюдение и експеримент, интерпретация и решаване на казуси, инсцениращи соционаучни проблеми, метаметоди (игра на роли, симулации на интервюта с учени и др.). Например във връзка с разглеждане на проблема „Слънчевата енергия като възобновяем енергоизточник – предимства и недостатъци“ (интегриран в темата „Светлината като екологичен фактор“), се организира ролева игра, в която след предварителна подготовка групи от ученици представят различна позиция по проблема (на еколози, учени физици, природозащитни организации, икономически експерти, представители на бизнеса в енергийния сектор).

Дискусия и/или обсъждане на предложени алтернативи за решаване на проблема

След завършване на изследователската дейност се организира обща дискусия (и/или обсъждане), в която се насърчава привеждането на доказателства, включително разпознаването на рационалните аргументи в подкрепа на дадена позиция, и опровержението с контрааргументи, търси се и евентуално се достига до консенсусно решение (при обсъждането). Акцент в този компонент е представянето на гледната точка, споделяна от учените, и съотнасянето ѝ с други позиции по обсъждания проблем, с оглед да бъде осмислен пътът, по който се стига до дадено научно твърдение.

Експлицитно извеждане и обяснение на аспект или аспекти на науката, зададени в целите

Чрез обсъждане или с беседа учителят подпомага учениците в идентифицирането и разкриването на целево зададените аспекти, характеризиращи естеството на научното познание в контекста на разработваната тема. Извеждането и експлицирането на тези аспекти се разгръща почти синхронно с дискусията и обсъждането на разглеждания проблем. Например в дискусията относно проблема „Слънчевата енергия като възобновяем енергоизточник – предимства и недостатъци“ учителят поставя въпроси: „Как учените (физици, физикохимици) са достигнали до идеята за използване на слънчевата енергия като възобновяем енергиен източник? Дали откриването на фотоволтаичния ефект и създаването на различните видове фотоклетки са резултат само и единствено от рационалното и логическото мислене на учените?“. След обсъждане на отговорите се изяснява как творческото мислене и въображението на учените могат да бъдат източник на нови научни открития, какъвто е например фотоволтаичният ефект.

Рефлексия над дейността с рефлексивен контрол

Учителят поставя въпроси, с които насърчават прояви на рефлексия у учениците над собствената им познавателна дейност, свързана с изследване на конкретния учебен проблем и формиране на конкретна позиция (решение). В рефлексивните въпроси доминира изискването учениците да изразят (писмено или устно) собствените си представи за даден аспект на науката (обсъждан в конкретната тема), да ги съпоставят преди и след дискусията по проблема, да сравняват собствената си позиция с представената от учените, да анализират основанията на своите собствени убеждения и в случай на промяна да посочат какво е допринесло за настъпилата промяна (рефлексивен контрол).

Диагностичен инструментариум

Съобразно целта на изследването е използван *въпросникът „Възгледи за естеството на науката“ (Views of Nature of Science Questionnaire, VNOS-C)*, разработен от Lederman и съавтори за ученици от средна училищна възраст, включително за гимназисти (Lederman et al., 2002). Въпросникът (преведен на български език) съдържа 10 въпроса, с които се диагностицират възгледите на учениците за същностни аспекти на науката (таблица 1). В настоящото изследване измерваме всички от посочените аспекти, като „емпиричния характер“ обединяваме с „наблюдения и заключения“ поради частичното им припокриване. Въпросите изискват свободни отговори в писмена форма, които позволяват на учениците да изразят собствените си епистемологични разбирания. Специфична особеност на Въпросника е неговата многоизмерност – дадена характеристика, отразяваща естеството на науката, може да се оцени с повече от един въпрос. Това позволява по-пълно да се разкрият индивидуалните разбирания за всеки от измерваните аспекти и да се прецени степента на конгруентност между отговорите на учениците за отделен аспект. Например един от въпросите, измерващ емпиричния характер на научното знание, изисква привеждане на обяснение за същността на експеримента в природните науки и подкрепата му с пример от учениците. Същият аспект се измерва и с друг въпрос, изискващ от учениците да посочат как според тях учените са постигнали убеденост в съществуването на набор от признаци, характеризиращи вида като основна таксономична единица в класификацията на организмите.

Освен посочения въпросник е приложено е допитване под форма на полуструктурирано интервю със случайно избрани ученици (общо 7) от извадката за оценка на техните епистемологични възгледи.

Отговорите на въпросите, както и на тези, получени от интервютата, са групирани в 3 *категории*, отразяващи различни *разбирания за естеството*

на науката: позитивистки ориентирани, конструктивистки ориентирани и междинни (преходни). Тази класификационна схема е използвана от отделни автори в педагогически изследвания с ученици в юношеска възраст (Tsai & Liu, 2005; Van Griethuijsen et al., 2015), поради което считаме за адекватна употребата ѝ в настоящото изследване. Най-типичните характеристики за трите групи епистемологични разбираня са следните: (а) *Позитивистките разбираня* (означавани още като *емпиристични*) включват убежденията, че научното знание се създава преди всичко в резултат на наблюдение и експеримент чрез прилагане на един универсален метод (дефиниране на въпрос, издигане на хипотеза, експериментална проверка на хипотезата и формулиране на заключение), а научните твърдения са абсолютни, непроменящи се, окончателно дадени и обективни истини. Креативността, въображението и комуникацията между учените при валидизиране и разпространение на научните знания нямат съществено място в научното търсене (Tsai & Liu, 2005; Van Griethuijsen et al., 2015); (б) *Конструктивистките разбираня* се възприемат за по-адекватни („информирани“) и по-пълно отразяващи развитието на съвременните природни науки, в частност на биологията. Според конструктивистката перспектива научното знание е хипотетично (а не абсолютно), то се променя, има субективен отпечатък и е „теоретично натоварено“, тъй като се влияе от вярванията, ценностите и предишния опит на учените, а споделяните от тях теории и следваните теоретични парадигми обуславят в значителна степен начините на обяснение на научните резултати. Науката се разглежда в тясното ѝ взаимодействие със социалната и културната среда, в която се практикува (Van Griethuijsen et al., 2015); (в) *Междинните разбираня*, означавани още като *преходни* (смесени) или *частично адекватни*, съчетават елементи от позитивистките и конструктивистките възгледи.

Всеки от трите типа разбираня за даден аспект на науката се оценява по следната *скала*: 1 точка – за позитивистки ориентирани възгледи, 2 точки – за междинни (смесени) възгледи, и 3 точки – за конструктивистки ориентирани възгледи. Тъй като един аспект от същността на науката се измерва с повече от един въпрос, за конструктивистки се приемат разбиранията на ученика, изразени в отговорите на всички въпроси, измерващи съответния аспект. Всеки въпросник се оценява независимо от двама от съавторите на изследването. В случаи на съществени различия между двете оценки работата се арбитрира от третия от съавторите или се използват отговори на учениците, получени от проведените интервюта.

Резултати и обсъждане

Поставените в началото изследователски въпроси очертават посоките за анализ на резултатите от педагогическия експеримент. За да се устано-

ви настъпват ли промени в разбиранията на учениците за естеството на науката, се сравняват техните епистемологични възгледи в началото и в края на експерименталното обучение. За да се провери оказва ли значимо влияние рефлексивният подход върху представите на учениците за същността на науката, е използван непараметричният тест на Крускал-Уолис (Kruskal-Wallis Test).

Данните от въпросника, измерващ разбиранията на учениците за същностни аспекти на науката преди и в края на експеримента, са представени в таблица 2. Получените резултати показват доминиране на позитивистките разбирания преди експерименталното обучение, като най-висок е техният дял относно три аспекта – разлика между теории и закони (79%), субективност на научните твърдения (58%) и емпиричен характер на научното знание (54 %). В края на обучението се наблюдава значително увеличаване на конструктивистки ориентираните представи за посочените три признака, както и по отношение на други характеристики – използване на разнообразни научни методи (96%), изменчивост на научното знание (58 %), роля на въображението и креативността в научното изследване (58%). По-нататъшното изложение проследява какви изменения настъпват в разбиранията на учениците за всеки от измерваните същностни аспекти на науката.

Изменчивост на научното знание

Данните от входящото измерване установяват преобладаване на позитивистките (46%) и междинните представи (46 %) за изменчивия характер на научните твърдения (таблица 2). Учениците с позитивистки разбирания възприемат научното знание като сигурна, окончателно доказана истина, което се долавя и в отговора на един от допълнително интервюираните: „Научните теории, към които се придържат учените, отразяват една истина. Ако те са убедени в нея, няма да променят мнението си“. Учениците с междинни (смесени) възгледи смятат, че създадените научни концепции се доразвиват и усъвършенстват чрез допълването им с нови знания. В края на експерименталното обучение се констатира съществена промяна в епистемологичните възгледи на учениците за изменчивостта на научното знание – по-наивните, позитивистки представи се елиминират и се увеличават конструктивистките разбирания (от 8 % на 58 %). Учениците с конструктивистка ориентация изразяват убеждения, според които научните теории и научните обяснения се изменят под влияние на новите технологии и получените чрез тях нови факти или нови доказателства. Новата информация, споделя един от интервюираните, „може да опровергае, дори да замени съществуваща научна концепция“.

Таблица 2. Брой и процентно разпределение на учениците (N = 24) с конструктивистки, междинни и позитивистки разбирания за същностни аспекти на науката, диагностицирани преди и след експерименталното обучение

Типове разбиране	Същностни аспекти на науката						
	Изменчивост	Емпиричен характер	Научен метод	Теории и закони	Креативност и въображение	Социо-културна обусловеност	Субективност
Преди експерименталното обучение							
Конструктивисти	2 (8%)	–	–	–	3 (13%)	–	–
Междинни	11 (46%)	11 (46%)	21 (88%)	5 (21%)	16 (67%)	12 (50%)	10 (42%)
Позитивистки	11 (46%)	13 (54%)	3 (12%)	19 (79%)	5 (21%)	12 (50 %)	14 (58%)
След експерименталното обучение							
Конструктивисти	14 (58%)	10 (42 %)	23 (96%)	6 (25%)	14 (58%)	8 (33%)	6 (25%)
Междинни	10 (42%)	14 (58 %)	1 (4%)	18 (75 %)	9 (38%)	16 (67 %)	17 (71%)
Позитивистки	–	–	–	–	1 (4%)	–	1 (4%)

Емпиричен характер на науката

В началото на експерименталното обучение (таблица 2) повечето ученици (54 %) поддържат позитивистки възгледи за емпиричната природа на науката. Те са убедени, че теориите в природните науки, в частност биологията, изцяло се базират на емпирични доказателства, получени директно чрез наблюдения или експерименти, не разграничават научно знание от мнение, както и заключения (изводи) от емпирични данни. Валидността на научните твърдения се обосновава само по експериментален път. Едва в края на обучението се установяват конструктивистки ориентирани разбирания при 42 % от учениците – те подчертават ролята на експеримента не само да докаже валидността на дадена теория или закон, но също така да ги опровергае или измени. Както отбелязва в своя отговор един от учениците, „терминът „вид“ е въведен от Дарвин с точно определение, но по-късно, в резултат на наблюдения и експерименти, понятието за вид е претърпяло съществена промяна и в него са включени нови признаци“.

„Научен метод“

Анализът на резултатите от входящото измерване показва доминиране на преходни, частично адекватни представи при учениците (88 %) за методите

на научните изследвания, използвани в съвременните природни науки, по-конкретно в биологията. В отговорите си тези ученици изтъкват необходимостта от прилагане на „по-разнообразни научни методи“, но едновременно с това подчертават, че валидността на една научна теория или закон се установява само чрез експеримент („всеобщ, универсален метод“). Позитивистки разбирания изразяват само 12 % от учениците. Те вярват в съществуването на един научен метод (експеримент), чрез който учените доказват истинността на научното знание. За разлика от входа, когато не са отчетени конструктивистки разбирания, в края на експерименталното обучение процентният дял достига 96 % (таблица 2). Повечето смесени възгледи, поддържани първоначално от учениците, преминават в по-информирани и по-адекватни на съвременното състояние на природните науки, що се отнася до прилагането на широк кръг от методи (а не само експеримент) в научноизследователската практика.

Теории и закони

Преди експерименталното обучение мнозинството от учениците (79 %) изразяват позитивистки убеждения (вж. табл. 2) и вярват в йерархичната връзка между научните теории и закони – теориите могат да прераснат в закони при натрупване на „достатъчно“ доказателства, а законите могат да се превърнат в теории. Теориите се възприемат като „измислени“ от учените и „могат да бъдат потвърдени или отхвърлени“. Те са по-малко надеждни от законите, които са „по-категорични“. След обучението значително се увеличават междинните разбирания за този аспект на научното познание (от 21 % на 75 %). При 25 % от учениците се наблюдават по-информирани, конструктивистки представи, в които се прави разграничение между различната роля на теориите и законите в науката – теориите се описват като системи от твърдения, предлагащи логическо (рационално) обяснение на различни явления, докато законите описват връзки между наблюдаеми явления.

Креативност и въображение

Преди експерименталното обучение доминират смесените разбирания (67 %) за приноса на творческото мислене и въображението на учените в генерирането на научните знания. Позитивистки възгледи се констатира при 21 % от учениците, които оценяват въображението като „не особено надежден начин за доказване на научни твърдения“, рискуващ „да подведе учените в интерпретирането на фактите“. В края на обучението намалява процентният дял на по-наивните представи (4%) и значително нарастват конструктивистките възгледи (от 13 % на 58 %), отчитащи ролята на креативността и въображението на учените в техните изследвания. В отговорите си тези ученици, както и допълнително анкетираните (чрез интервю), подчертават, че „креативност-

та и фантазията са сред основните източници на новите идеи“, „те са в основата на повечето иновации и изобретения“ и „са неразделна част от научното изследване“.

Социално-културни влияния на науката

Данните от входящото измерване показват равен процентен дял (по 50 %) на учениците с позитивистки и смесени представи за въздействието на социалния и културния контекст върху научната практика (таблица 2). Учениците с позитивистка ориентация вярват, че науката трябва да е обективна, безпристрастна и „тя не се влияе от социални, културни или политически ценности“. Главният приоритет на науката е „да се експериментира, за да се генерира ново универсално научно знание“, което „не е зависимо от социално-културния контекст“, в който се създава. Учениците с междинни схващания смятат, че научните твърдения са всеобщи, но в същото време, социално-културните различия влияят върху избора на изследователски методи, което, на свой ред, може да доведе учените до различни заключения. В края на експерименталното обучение се увеличават междинните възгледи (67%) и се наблюдават конструктивистки представи (33%), в които се изтъква значението на комуникацията между учените в споделянето, обсъждането и разпространението на научна информация; отбелязва се и ефектът, който различни обществени институции (в т.ч. религията) могат да окажат върху научните доказателства и теории.

Субективност на научното знание

Преди експерименталното обучение преобладават разбиранията с позитивистка ориентация (58 %), приемащи обективността за идеал на знанието, от което са отстранени всички характеристики, свързани с учените и средствата, използвани в дейността им. За да обяснят например защо различните учени могат да достигнат до различни заключения при наличие на едни и същи факти относно глобалните климатични промени, учениците с тази ориентация изтъкват като причина възможните грешки в интерпретацията на данните (а не личните нагласи, вярвания, изследователски опит или други фактори). В края на обучението се забелязва значително съкращаване на позитивистките представи (до 4%), като се увеличават междинните възгледи (от 42 % на 71 %) и се регистрират конструктивистки възгледи (25 %). Учениците с конструктивистка насоченост осъзнават влиянието, което могат да окажат личните убеждения, целите, ценностите, интуициите и предишният опит на учените върху изследователския процес и неговите резултати.

Обобщаването на получените резултати очертава няколко по-важни тенденции. (1) В сравнение с началото на експерименталното въздействие, където само за две същностни характеристики на науката („изменчивост“ и „кре-

ативност и въображение“) са регистрирани конструктивистки разбирания (8 % и съответно 13 %), в края на обучението те видимо се проявяват за всички изследвани аспекти. (2) Най-съществени изменения по време на експерименталното обучение се наблюдават в разбиранията на учениците за три аспекта на природните науки – хипотетичност (изменчив характер) на научното знание, прилагане на широк спектър от методи (а не на един „универсален“ метод) в научната практика и принос на креативността в процеса на изследване. Над 50 % са учениците с конструктивистки ориентирани възгледи за посочените характеристики. (3) В края на експерименталното обучение най-висок ръст (над 50%) имат междинните или частично адекватните разбирания за четири аспекта, отразяващи естеството на науката – емпиричен характер на научното познание, разлика между теории и закони, социално-културна детерминираност и субективни измерения на науката. (4) В резултат на експерименталното обучение, базирано на рефлексивен подход, позитивистки ориентирани разбирания на учениците претърпяват съществени изменения – те видимо се елиминират за всички аспекти на науката, като прерастват в междинни и конструктивистки или се редуцират до минимално равнище (до 4% за субективността и креативността в науката).

За да се провери по статистически път оказва ли рефлексивният подход значимо влияние върху разбиранията на учениците за естеството на науката, е използван непараметричният тест на Крускал-Уолис (Kruskal-Wallis Test). С прилагането на теста следва да се установи съществува ли статистически значима разлика между разбиранията на учениците за изследваните аспекти от същността на науката преди и в края на експерименталното обучение. За целта е необходима проверка на следните статистически хипотези. (а) *Нулева хипотеза* $H_0: \chi^2_{emp} < \chi^2_{\alpha}$ – между двете измервания (преди и след експерименталното обучение) съществуват случайни различия в средните стойности, характеризиращи представите на учениците за естеството на науката. (б) *Алтернативна хипотеза* $H_1: \chi^2_{emp} \geq \chi^2_{\alpha}$ – между двете измервания (преди и след експерименталното обучение) съществуват статистически достоверни различия в средните стойности, характеризиращи представите на учениците за естеството на науката.

Данните от теста на Крускал-Уолис са представени в таблица 3. Стойностите на критерия χ^2 за всеки от същностните аспекти на науката и съответстващата му гаранционна вероятност p ($p < 0.05$, при равнище на значимост $\alpha = 0.05$) показват, че измерените средноаритметични величини (X), характеризиращи възгледите на учениците за естеството на науката, значимо се различават между началото и края на експеримента. Получените резултати са убедителен аргумент да приемем алтернативната хипотеза H_1 , според която различията в представите на учениците за същността на научното знание и за научното изследване не са резултат от влияние на случайни фактори, са след-

ствие от целенасоченото и систематично прилагане на рефлексивен подход в обучението по биология X – XI кл. Може уверено да се смята, че методическият модел, базиран на рефлексивен подход, успешно подпомага развитието на задълбочени разбирания от учениците за същността на науката, адекватни на съвременното ѝ състояние.

Таблица 3. Резултати от теста на Крускал-Уолис, сравняващ разбиранията за същностни аспекти на науката преди и след експерименталното обучение на учениците (N=24)

Статистически величини	Същностни аспекти на науката						
	Изменчивост	Емпиричен характер	Научен метод	Теории и закони	Креативност и въображение	Социокултурна обусловеност	Субективност
Преди експерименталното обучение							
X	1.6250	1.4583	1.8750	1.2083	1.9167	1.5000	1.4167
SD	0.6469	0.5090	0.3378	0.4149	0.5836	0.5108	0.5036
След експерименталното обучение							
X	2.5833	2.4167	2.9583	2.2500	2.5417	2.3333	2.2083
SD	0.5036	0.5036	0.2041	0.4423	0.5882	0.4815	0.5090
χ²	19.407	22.801	41.246	30.381	11.228	20.053	18.622
p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000

*Използвани съкращения: X – средноаритметична; SD – стандартно отклонение; χ^2 – статистически критерий, p – гаранционна вероятност.

Заклучение

Резултатите от проведеното изследване са основание да се твърди, че прилагането на рефлексивен подход в профилираното обучение по биология X – XI кл. стимулира позитивните изменения в разбиранията на учениците за същностни характеристики на съвременната наука. В сравнение с началото на експерименталното въздействие, когато за повечето аспекти, отразяващи естеството на природонаучното познание („изменчивост“, „емпиричен характер“, „разлика между теории и закони“, „социокултурна обусловеност“ и „субективност“) учениците поддържат „наивни“ позитивистки представи, в края на обучението те се преосмислят, като отстъпват място на по-информирани и по-адекватни схващания (таблица 2). Преходът към по-високите нива на разбиране (от позитивистки към междинни и конструктивистки) може да се обясни с експлицитното разкриване на

присъщи за науката белези, с планирането им като очаквани резултати и с целенасочено организираната дейност за постигането им, акцентираща върху рефлексията на учения над своите епистемологични убеждения. Също така интегрирането на учебно симулирани соционаучни проблеми в обучението създава подходящ контекст за ефективно функциониране на рефлексивното мислене и неговото насочване към изграждане на по-кохерентни разбирания за естеството на науката, координирани по-тясно с актуалния ѝ статус. Всички тези елементи, обединени в цялостен методически модел и интерпретирани от гледище на идеите за рефлексивния подход, могат да се възприемат в ролята на комплексен фактор, подтикващ учениците да преразглеждат основанията на собствените знания и убеждения, като коригират, обогатяват или по нов начин интерпретират даден аспект. Сходни заключения относно ефективността на рефлексивния подход за развитие на по-задълбочени и по-точни схващания за естеството на науката в сравнение с първоначално поддържаните, са изведени от различни автори вследствие на проведените от тях изследвания с ученици от VI – XI кл. (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe & Lederman, 2007; Koksall et al., 2013; Yacoubian & BouJaoude, 2010).

Въпреки конструктивния си потенциал да развива и прецизира знанията за науката, рефлексивно базираният подход поставя и предизвикателства. Както сочат резултатите от настоящото проучване, независимо от сериозната редукция на позитивистките разбирания и значителния ръст на конструктивистките идеи в края на експерименталното обучение се наблюдава сравнително висок процентен дял на междинни (частично адекватни) представи за четири същностни аспекта на науката – „разлика между теории и закони“, „субективност“, „социално-културна детерминираност“ и „емпирична основа“ на научното познание (таблица 2). Сред възможните причини за установената тенденция е продължителността на организираното педагогическо въздействие – учениците в изследваната група се обучават по експерименталния модел в течение на близо 15 учебни седмици. Но техните възгледи за естеството на научното знание, както и за особеностите на научното изследване, се формират в рамките най-малко на петгодишно обучение по предметите от КОО „Природни науки и екология“. Повечето от тези възгледи, както показват отговорите на въпросника, използван преди експеримента, не са консистентни със съвременните представи за същността на науката. Източниците на това несъответствие не следва да се търсят според нас в прилаганите модели на обучение, а по-скоро в бързите темпове, с които се развиват природните науки, изпреварващи въвеждането на нормативни изисквания за образователна подготовка в тази област. При съпоставяне на дългогодишния период на формално обучение с времетраенето на експерименталното обучение, изглежда нереалистично да се очаква радикална

промяна в схващанията на учениците за естеството на научното познание. Освен това епистемологичните убеждения са сравнително трайни устойчиви конструкти и тяхното изменение предполага един продължителен процес на обучение, съпроводен не без трудности (Driver et al., 1996; Wandersee et al., 1994).

Представеното изследване с очертаните в него предизвикателства задава примерни насоки за бъдещи емпирични проучвания: (1) разширяване на обхвата на изследването с участие на по-голяма извадка от ученици от различни възрастови групи, обучавани в различни етапи (прогимназиален, гимназиален) на училищното образование; (2) сравнително изследване на ефекта от прилагането на рефлексивен и изследователски подход върху разбиранията на учениците за същността на науката както в общообразователната, така и в профилираната подготовка по предмета „Биология и здравно образование“; (3) установяване на възможни корелации между представите на учениците за различни същностни аспекти на науката, които биха могли да служат като основа за проектиране и координиране на учебни дейности, насочващи към формиране на цялостни, задълбочени и адекватни на съвременната наука възгледи; (4) операционализация на предложения методически модел от ъгъла на спецификата, присъща за обучението и по други природни дисциплини (физика, химия) с изследване на неговата ефективност за постигане на разбиране за естеството на науката като значим аспект на природонаучната грамотност.

БЕЛЕЖКИ

1. Епистемологията на науката (от гр. Epistḗmē – познание, знание, и lógos – наука, учение) е дял на философията, който изучава характеристики на полученото вече знание (произход, структура, специфика на функциониране и развитие, валидност), а също нормативните и ценностните установки, направляващи научната дейност (Карагеоргиева, А. (2013). Увод в съвременната теория на познанието. София: Проектория).
2. В периода на изследването обучението се осъществява в съответствие с действащата Наредба № 2 от 2000 г. за учебното съдържание (ДВ, бр. 48 от 2000 г.) и нормативните актове (учебни програми) за прилагането ѝ.
3. За обучението на учениците в X клас се използва учебникът на Димитров, О., Кожухарова, М., Аргирова, Т., Богоев, В., Минков, И., Кименов, Г., & Славова, М. (2004). „Биология и здравно образование, профилирана подготовка IX клас“. „Булвест 2000“.
4. За обучението на учениците в XI клас се използва учебникът на Попов, П., Ишев, В., & Ангелов, П. (2001). „Биология и здравно образование за X клас. Профилирана подготовка“. София, Просвета.

REFERENCES

- 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]. (1990). *Science for all Americans*. New York: Oxford University Press.
- AAAS [American Association for the Advancement of Science]. (1993). *Benchmarks for science literacy: a project 2061 report*. New York: Oxford University Press.
- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: enduring confluences and critical issues in research on nature of science in science education. *Int. J. Sci. Educ.*, 34, 353 – 374.
- Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 37, 1057 – 1095.
- Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L. & Lederman, N.G. (1998). The nature of science and instructional practice: making the unnatural natural. *Sci. Educ.*, 82, 417 – 437.
- Abd-El-Khalick, F., Waters, M. & Le, A. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *J. Res. Sci. Teach.*, 45, 835 – 855.
- Akerson, V.L. & Hanuscin, D.L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program. *J. Res. Sci. Teach.*, 44, 653 – 680.
- Akerson, V.L., Buzzelli, C.A. & Donnelly, L.A. (2008). Early childhood teachers' views of nature of science: the influence of intellectual levels, cultural values, and explicit reflective teaching. *J. Res. Sci. Teach.*, 45, 748 – 770.
- Aydeniz, M., Baksa, K. & Skinner, J. (2011). Understanding the impact of an apprenticeship-based scientific research program on high school students' understanding of scientific inquiry. *J. Sci. Educ. & Tech.*, 20, 403 – 421.
- Bell, R.L., Matkins, J.J. & Gansneder, B.M. (2011). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 48, 414 – 436.
- Celik, S. & Bayrakceken, S. (2012). The influence of an activity-based explicit approach on the Turkish prospective science teachers' conceptions of the nature of science. *Austr. J. Teacher Educ.*, 37 (4), 75 – 95.
- Chang, Y., Chang, C. & Tseng, Y. (2010). Trends of science education research: an automatic content analysis. *J. Sci. Educ. & Technol.*, 19, 315 – 332.
- Clough, M.P. (2006). Learners' responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. *Sci. Educ.*, 15, 463 – 494.

- Dewey, J. (1997). *Howwethink*. New York: Dover.
- Dogan, N.& Abd-El-Khalick, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: an ational study. *J. Res. Sci. Teach.*, 45, 1083 – 1112.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R.&Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Buckingham: Open University Press.
- Eurydice Network. (2011). *Science education in Europe: national policies, practices and research*. Brussels:Audiovisual and Culture Executive Agency.
- Hadjiali, I., Raycheva, N. &Tzanova, N. (2017). Refleksia v obuchenieto po biologia: teoretichni osnovania i prakticheski reshenia. Sofia: Sofia University Press [in Bulgarian].
- Hodson, D. (1991). Philosophy of science and science education (пп. 19–32). In: Matthews, M R. (Ed.). *History, philosophy, and science teaching: celected readings*. New York: Teachers College Press.
- Irzik, G.&Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science. *Sci.&Educ.*, 20, 591 – 607.
- Kampourakis, K. (2016). The “general aspects” conceptualization as a pragmatic and effective means to introducing students to nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 53, 667 – 682.
- Kang, S., Scharmann, L.C.&Noh, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: resultsf rom Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Sci. Educ.*, 89, 314 – 334.
- Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 45, 470 – 496.
- Khishfe, R. (2012). Nature of science and decision-making. *Int. J. Sci. Educ.*, 34, 67 – 100.
- Khishfe, R. (2014). Explicit nature of science and argumentation in struction in the context of socioscientific issues: an effect on student learning and transfer. *Int. J. Sci. Educ.*, 36, 974 – 1016.
- Khishfe, R. &Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry oriented instructionon sixth graders views of the nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 30, 551 – 578.
- Khishfe, R. & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *J. Res. Sci. Teach.*, 43, 395 – 418.
- Khishfe, R. &Lederman, N.G.(2007). Relationship between instructional context and views of nature of science. *Int. J. Sci. Educ.*, 29, 939 – 961.
- Koksal, M.S., Cakiroglu, J.&Geba, O. (2013). The effect of explicit embedded reflective instructionon nature of science understandings in advanced science students. *J.Biol. Educ.*, 47, 208 – 223.

- Küçük, M. (2008). Improving preservice elementary teachers' views of the nature of science using explicit-reflective teaching in a science, technology and society course. *Austr. J. Teacher Educ.*, 33(2), 16 – 40.
- Lederman, N.G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *J. Res. Sci. Teach.*, 29, 331 – 359.
- Lederman, N.G. (2007). Nature of science: past, present, and future (pp. 831 – 880). In: Abell, S.K. & Lederman, N.G. (Eds.). *Handbook of research on science education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire (VNOS): toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 39, 497 – 521.
- Lederman, N., 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.
- Lin, H. & Chen, C. (2002). Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history. *J. Res. Sci. Teach.*, 39, 773 – 792.
- Matthews, M. (1998). Foreword and introduction (pp. xi-xxi). In: McComas, W.F. (Ed.). *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- Matthews, M.R. (2012). Changing the focus: from nature of science (NOS) to features of science (FOS) (pp. 3 – 26). In: Khine, M.S. (Ed.). *Advances in nature of science research*. Dordrecht: Springer.
- McComas, W.F. (2008). Proposals for core nature of science content in popular books on the history and philosophy of science: lessons for science education (pp. 259 – 270). In: Lee, Y.-J. & Tan, A.-L. (Eds.). *Science education at the nexus of theory and practice*. Rotterdam: Sense.
- McComas, W. & Olson, J. (1998). The nature of science in international science education standards documents (pp. 41 – 52). In: McComas, W.F. (Ed.). *The nature of science in science education: rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer.
- McComas W.F., Clough M.P. & Almazroa H. (1998). 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.
- Meichtry, Y. (1992). Using laboratory experiences to develop the scientific literacy of middle school students. *School Sci. & Math.*, 92, 437 – 441.
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: for states, by states*. Washington: National Academies Press.

- NRC [National Research Council]. (1996). *National science education standards*. Washinton: National Academic Press.
- NRC [National Research Council]. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, cross cutting concepts, and core ideas*. Washington: National Academies Press.
- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development]. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- OECD [Organisation for Economic Co-operation and Development]. (2009). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA (2009)*. Paris: OECD.
- OECD [Organization for Economic Co-operation and Development]. (2013). *PISA 2015 draft science framework*. Paris: OECD.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What “ideas-about science” should be taught in school science: a Delphistudy of the expert community. *J. Res. Sci. Teach.*, 40, 692 – 720.
- Petrova, S. (2010). *Uchilishte za utreshniya den: rezultati ot uchastieto na Bulgaria v programata za mezhdunarodno otseniavane na uchenicite PISA 2015*. Sofia: TSKOKUO [in Bulgarian].
- Petrova, S. & Vasileva, N. (2007). *Natural sciences, school and tomorrow world: results from the participation of Bulgaria – PISA 2006*. Sofia: TSKOKUO [in Bulgarian].
- Sadler, T.D., Chambers, F. W. & Zeidler, D.L. (2004) Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue, *Int. J. Sci. Educ.*, 26, 387 – 409.
- Sandoval, W. & Morrison, K.. (2003). Highschool students’ ideas about theories and theory change after a biological inquiry unit. *J. Res. Sci. Teach.*, 40, 369 – 392.
- Schwartz, R.S., Lederman, N.G. & Crawford, B. A. (2004). Developing views of nature of science in an authentic context: an explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Sci. Educ.*, 88, 610 – 645.
- Siegel, H. (2014). What’s in a name: epistemology, ‘epistemology’, and science education. *Sci. Educ.*, 98, 372 – 374.
- Smith, C.L., Maclin, D., Houghton, C. & Hennessey, M.G. (2000). Sixth-grade students’ epistemologies of science: the impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition & Instruction*, 18, 349 – 422.
- Solomon, J., Duveen, J., Scot, L. & McCarthy, S. (1992). Teaching about the nature of science through history: action research in the classroom. *J. Res. Sci. Teach.*, 29, 409 – 421.
- Tafrova-Grigorova, A. (2013). Contemporary trends in pupils’ science education. *Bulgarian J. Sci. & Educ. Policy*, 7, 121 – 200 [In Bulgarian].

- Tsai, C.-C. (2006). Biological knowledge is more tentative than physics knowledge: Taiwan highschool adolescents' views about the nature of biology and physics. *Adolescence*, 41 (164), 691 – 703.
- Tsai, C.-C. & Liu, S.-Y. (2005). Developing a multi-dimensional instrument for assessing students' epistemological views to ward science. *Int. J. Sci. Educ.*, 27, 1621 – 1638.
- Van Griethuijsen, R.A., Van Eijck, M.W., Haste, H., Den Brok, P.J., Skinner, N.C., Mansour, N. & BouJaoude, S. (2015). Global patterns in students' views of science and interest in science. *Res. Sci. Educ.*, 45, 581 – 603.
- Walker, K.A. & Zeidler, D.L. (2007). Promoting discourse about socioscientific issues through scaffolded inquiry. *Int. J. Sci. Educ.*, 29, 1387 – 1410.
- Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. & Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science (pp. 177 – 210). In: Gabel, D.L. (Ed.). *Handbook of research in science teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Wong, S.L. & Hodson, D. (2010). More from the horse's mouth: what scientists say about science as a social practice. *Int. J. Sci. Educ.*, 32, 1431 – 1463.
- Yacoubian, H.A. & Bou Jaoude, S. (2010). The effect of reflective discussions following inquiry-based laboratory activities on students' view of nature of science. *J. Res. Sci. Teach.*, 47, 1229 – 1252.

THE REFLECTIVE APPROACH AND STUDENTS' UNDERSTANDINGS ABOUT THE NATURE OF SCIENCE IN 10TH – 11TH GRADE BIOLOGY EDUCATION

Abstract. This study investigated the influence of the explicit reflective-based approach on students' understandings about the nature of science (NOS) in the context of 10th – 11th grade biology education. An instructional model was proposed on the ground of two major ideas: (1) teaching through explicit references to or discussion of NOS aspects ("tentativeness", "empirical basis", "scientific method", "theories/laws distinctions", „creativity and imagination", "socio-cultural influences", „subjectivity"); (2) encouragement of students' reflection on their own epistemological beliefs as they participated in resolving and discussing of socio-scientific issues, situated in a learning environment. The study was conducted with 24 high school students, who were taught using the instructional model, based on explicit reflective approach, for a period of 15 academic weeks. "Viewson Nature of Science Questionnaire-Form C", translated in Bulgarian, and follow-up semi-structured interview were used for identifying students' target NOS views. The responses to the questions were grouped into three categories, articulated different NOS understandings: positivist, constructivist and intermediate. According to

the data, the majority of students ($\geq 50\%$) held positive views of 4 aspects of scientific knowledge (“empirical basis”, “socio-cultural influences”, “subjectivity” and “theories/laws distinctions”) before the intervention, while only 5 learners had constructivist views on the “tentativeness” and the role of „creativity and imagination” in the science. The results of the whole study indicated that applying an explicit reflective approach significantly reduced students’ positivist understandings and encouraged their change towards intermediate and constructivist views of the nature of science.

Keywords: nature of science; understanding of nature of science; reflective approach; biology education

✉ **Ms. Mimya Dokova-Koldanova (PhD student)**

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

✉ **Dr. Teodora Kolarova (Corresponding author)**

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

✉ **Mr. Ivaylo Lalkov (PhD student)**

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