

ФУНКЦІОНАЛЬНА ГРАМОТНІСТЬ З ПРИРОДНИЧИХ НАУК PISA – ПРИРОДНИЧО-НАУКОВА КОМПЕТЕНТНІСТЬ

Олександр КОЗЛЕНКО, науковий співробітник відділу біологічної, хімічної та фізичної освіти Інституту педагогіки НАПН України

Шукаючи підходи до визначення природничо-наукової компетентності, ми користуємося визначеннями математичної, читацької та природничо-наукової функціональної грамотності за термінологією міжнародного порівняльного дослідження PISA тому, що це дійсно дуже вдалі інструменти порівняльного дослідження систем освіти різних країн. Якщо для математичної і читацької грамотності визначення відповідають тому, що робить студент з текстом або з математичною ситуацією, то з природничо-наукової грамотністю та/або компетентністю є, на нашу думку, певні проблеми, і головна з них така. Дослідження PISA перевіряє природничо-наукову грамотність тими засобами, які підходять для цього дослідження і визначаються переважно саме умовами проведення цього дослідження, в той час як у повсякденному житті ми користуємося дещо іншим інструментарієм і в інших ситуаціях. Дійсно, коли ми аналізуємо завдання з природничо-наукової грамотності в дослідженні PISA, бачимо, що в них досліджуються не безпосередньо ситуації реального життя, а їхні моделі: текстові моделі, інтерактивні параметричні моделі, математичні моделі, моделі візуалізації даних тощо. І це створює певну проблему: є різниця між реальною ситуацією її описом. Варто сказати, що автори завдань PISA докладають величезних зусиль у створенні задач саме таким чином, щоб учень/студент відчував себе зануреним в цю ситуацію, щоб він «ніби був там, всередині події». Для цього використовується контекстна форма завдань і вибір контекстів завдань таким чином, щоб вони більше відповідали особистісному чи локальному, рівню громад, контекстам, і докладний опис ситуацій, в яких відбуваються ті чи інші події, який в свою чергу описаний в тих самих термінах, в яких вони вживаються у повсякденні. Але все одно ми маємо справу не з реальною

© Козленко О. Г., 2022

ситуацією, а з її описом, і це певним чином змушує нас, коли ми намагаємося сформулювати визначення наукової компетентності, підходити дещо ширше, ніж це робить міжнародне порівняльне дослідження PISA.

Звернемося до визначення природничо-наукової грамотності за документами PISA [1].

«Грамотність у природничо-наукових дисциплінах (природничо-наукова грамотність) – спроможність займатися питаннями, пов'язаними з наукою, а також науковими ідеями, в чому особа проявляє себе як громадянин, який вміє мислити. Науково грамотна людина прагне вступати у аргументовану дискусію про науку і технології, для чого необхідно вміти пояснювати різноманітні явища з наукової точки зору, оцінювати та формувати науковий запит, а також науково інтерпретувати дані та свідчення.»

Нагадаємо складники природничо-наукової компетентності грамотності ([2], стор. 13):

1. *Пояснювати явища науково* (50% завдань): упізнавати, пропонувати й оцінювати пояснення для низки природних і технологічних явищ, демонструючи здатність:

- згадувати й застосовувати належні наукові знання;
- виявляти, використовувати й створювати пояснювальні закономірності та представлення;
- робити й обґрунтовувати відповідні прогнози;
- пропонувати пояснювальні гіпотези;
- пояснювати потенційні результати наукового знання для суспільства.

2. *Оцінювати й розробляти наукове дослідження* (17 % завдань): описувати й оцінювати наукові дослідження та пропонувати шляхи наукового розв'язання проблем, демонструючи здатність:

- виявляти досліджувані питання в наданому науковому дослідженні;
- розпізнавати питання, які можна вивчити з наукової позиції;

- пропонувати способи вивчення наданого питання з наукової позиції;
- оцінювати способи вивчення наданого питання з наукової позиції;
- описувати й оцінювати, яким чином учені забезпечують надійність даних та об'єктивність й узагальнення пояснень.

3. *Інтерпретувати дані й докази науково* (33 % завдань): аналізувати й оцінювати наукові дані, твердження й аргументи в різних формах репрезентації та робити відповідні висновки, демонструючи здатність:

- переносити дані з однієї форми подання в іншу;
- аналізувати й інтерпретувати дані та робити відповідні висновки;
- розпізнавати припущення, докази та судження в наукових текстах;
- відрізнити аргументи, зроблені на основі наукових доказів і на основі теорії, від тих, що ґрунтуються на інших міркуваннях;
- оцінювати наукові аргументи й докази з різних джерел (наприклад, з газети, журналів, Інтернету тощо).

Як бачимо, серед наведених тверджень переважна більшість зосереджена на вже наявному науковому дослідженні або наданому авторами питанні, навіть на готових результатах, отриманих під час наукових експериментів.

Просідає етап, пов'язаний саме з пошуком у конкретній ситуації природничо-наукових елементів, структури і відповідно запиту до проведення дослідження (він представлений у першому блоці переліку компетентностей як «упізнавати»).

Можливо, нам стануть в нагоді визначення інших видів функціональної грамотності, з яких ми можемо унаслідувати певні важливі елементи.

Читацька грамотність — це здатність учня / студента сприймати, аналізувати, використовувати й оцінювати **письмовий текст** задля досягнення **певних цілей**, розширювати свої знання й читацький потенціал, а також посилювати свою готовність брати активну участь у житті суспільства.

У дослідженні PISA читацьку грамотність визначають як спільний результат трьох взаємопов'язаних складників: **читача, тексту й завдання**, які взаємодіють у соціокультурному контексті, тобто в різноманітних ситуаціях, де виникає потреба в читанні. За аналогією можемо сформулювати, що природничо-наукова грамотність – це вміння «...сприймати, аналізувати, використовувати й оцінювати **ситуацію** як природничо-наукову».

Але є ще один важливий момент. Текст є самостійною сутністю, об'єктом, тому він існує сам по собі, має власну історію та цінність; природнича ситуація сама по собі не є такою. Власне кажучи, текстів, при тому, що наша мова здатна генерувати нескінченну кількість варіантів різних висловлювань, жодне з яких не повторить інше, текстів усе ж таки обмежена, кінцева кількість. На відміну від текстів, ситуацій – природничих (і культурних, які потребують відповідної компетентності, зокрема, технічних) – нескінченно багато. Тому варто вказати на ще один суттєвий момент. Так само, як в читацькій функціональні грамотності значення має не тільки текст, але і завдання по роботі з текстом (звісно, і властивості читача також, але нам тут важливою є наявність задачі), так само у природничо-науковій ситуації значення матиме не тільки власно сама ситуація – як аналог тексту – але й проблема, яку ця ситуація ставить перед дослідником. Без проблеми природнича ситуація цінності майже не має – і лише за наявності проблеми виходять на перший план властивості дослідника, його здатність працювати з проблемою на базі конкретної ситуації, його **компетентність**. І тут можна знов процитувати визначення читацької грамотності: «... читацьку грамотність визначають як спільний результат трьох взаємопов'язаних складників: **читача, тексту й завдання**, які взаємодіють у соціокультурному контексті, тобто в різноманітних ситуаціях, де виникає потреба в читанні» [1]. За цією ознакою природничо-наукова грамотність не відрізняється від читацької: дійсно, є **ситуація, проблема і дослідник**, який має цю проблему в контексті ситуації розв'язати.

Якщо продовжити аналіз наявних документів дослідження PISA, можемо побачити, що в читацькій (і в математичній) грамотності **ситуація** фігурує і має певне значення: саме через ситуації конкретизуються завдання по роботі з текстом (або реальною ситуацією як математичною проблемою). В природничо-науковій грамотності це трошки завуальовано, перш за все, через те, що для тестування PISA більше значення мають **рівні** ситуацій (особистісний, локальний чи глобальний). По-друге, у дослідженні PISA студенти мають справу не з реальними ситуаціями, а з їхніми моделями; тому, хочемо ми цього чи не хочемо, реальна ситуація захована за її відбиттям у кривому дзеркалі моделювання. *Кривим* за визначенням – згадаємо популярний афоризм статистика Джорджа Бокса «Усі моделі неправильні, але деякі корисні». Можна також

навести вислів Георга Раша, одного з творців педагогічної статистики від 1960 р. [3]:

«... жодні моделі не є [істинними] — навіть закони Ньютона. Коли ви створюєте модель, ви видаляєте всі деталі, які ви, маючи знання, вважаєте несуттєвими... Моделі не повинні бути правдивими, але важливо, щоб вони були *застосованими*, і те, чи можуть вони бути застосовані для будь-якої конкретної мети, має бути досліджено. Це також означає, що модель ніколи не приймається остаточно, а лише на випробуванні.»

Математична грамотність учня / студента визначається як його «здатність **формулювати, застосовувати й інтерпретувати** математику в різноманітних контекстах» [1] (схема),

С х е м а

Дії, які складають математичну грамотність



Наслідуюмо. Так само як **математизація** є прийомом переведення задачі чи проблеми реального життя у математичну форму, у форму задачі, так само у природничо-науковій компетентності обов'язково має бути етап перетворення, «перекладу» реальної ситуації на мову природничих наук, пошук в ній тих елементів, які визначають *проблему* саме як **природничо-наукову**.

Нам ще доведеться знайти відповідне слово (пор. математизація), яке могло описати ті дії, які потрібно виконати для перетворення ситуації на об'єкт природничо-наукового дослідження. Поки ж констатуємо необхідність цього етапу: формулювання ситуації як природничо-наукової.

Цікавим є ще один важливий момент визначення читацької функціональної грамотності. Це визначення не має в собі відповіді на запитання «Нащо?»: яка цінність від наявності в учня/студента здатності *формулювати, застосовувати, описувати* і таке інше. На відміну від читацької грамотності,

у математичній грамотності відповідь на це запитання присутня саме через наявність **проблеми** в контексті, яку треба розв'язати математичними засобами, а потім оцінити, чи допомагає математичний результат, отриманий під час розв'язання математичної задачі, досягти вирішення проблеми в тому контексті, в якому вона була сформульована від початку. Коли ми намагаємося підійти до робочого формулювання того, що таке є природничо-наукова грамотність, нам треба знайти свою відповідь на запитання: «Нащо?». На нашу думку, цінністю природничо-наукової компетентності (до речі, як і читацької, і математичної) є покращення якості життя людини.

Всесвітня організація охорони здоров'я [4] визначає якість життя як сприйняття людьми свого положення в житті залежно від культурних особливостей і системи цінностей та в зв'язку з їхніми цілями, очікуваннями, стандартами, турботами. Також вона пропонує оцінювати якість життя за такими параметрами:

- **фізичні**: енергійність, втома, фізичний дискомфорт, сон і відпочинок;
- **психологічні**: самооцінка, концентрація, позитивні емоції, негативні переживання, мислення;
- **ступінь незалежності**: повсякденна активність, працездатність, залежність від ліків і лікування;
- **життя в суспільстві**: повсякденна активність, соціальні зв'язки, дружні зв'язки, суспільна значущість, професіоналізм;
- **довкілля**: житло та побут, безпека, дозволя, доступність інформації, екологія (клімат, забрудненість, густанаселеність);
- **духовність** і особисті переконання.

Зверніть увагу, що в наведених параметрах якості життя запропоновано не абстрактний, теоретичний підхід, а суто прикладний, практичний: через *проблеми*, з якими стикаються люди у тому самому повсякденному житті.

То ж робоче визначення матиме такий вигляд.

Компетентність в галузі природничих наук – вміння сприймати, аналізувати, оцінювати і розв'язувати проблемні ситуації повсякдення (отоочуючого світу) методами та інструментами природничих наук, техніки і технологій для покращення якості життя.

Спробуємо розглянути, чим відрізняється природничо-наукова грамотність, яку вимірює міжнародне порівняльне дослідження PISA, від природничо-наукової компетент-

ності, на конкретному прикладі. Цей приклад демонструє як плюси, так і мінуси підходу дослідження PISA. Серед нових завдань з природничо-математичної грамотності, використаних у дослідженні 2015 року, коли у фокусі була саме природнича грамотність, є кластер завдань «Холодильник «Горщик у горщику»» [2] (мал. 2 на с. 3 обкладинки). «У цій групі завдань ідеться про реальний недорогий охолоджувальний контейнер, що називається «горщик у горщику», який було створено за допомогою предметів щоденного вжитку для забезпечення потреб місцевих мешканців в Африці. У цьому регіоні населення обмежене в можливостях використовувати холодильники через їхню високу вартість й недоступність електричних мереж, водночас спекотний клімат змушує зберігати їжу охолодженою для того, щоб подовжити час, упродовж якого в ній не розмножуються бактерії й вона залишається безпечною для здоров'я.»

Для дослідження учням запропоновано інтерактивну параметричну модель. У **першому завданні** незалежними змінними, якими можуть керувати студенти/учні, є товщина піщаного шару та кількість їжі, яку потрібно охолодити, а залежною змінною є температура їжі (метою є досягнення найефективнішого охолодження, до 4°C) (мал. 2 на с. 3 обкладинки). Певні умови (температура повітря й вологість) у моделі залишаються постійними, можна лише обрати варіанти, чи буде пісок сухим або вологим. У **другому завданні** залежною змінною є кількість їжі, яку можна охолодити до оптимальної температури.

При роботі з інтерактивною параметричною моделлю після введення власно визначених умов експерименту учні/студенти натискають на кнопку запису даних, і дані потрапляють у таблицю. Ці дії треба повторити декілька разів, і на основі отриманих результатів зробити відповідні висновки, які треба записати у лівій частині вікна моделі у поле введення. Зазвичай для підтвердження експериментальними даними розробники просять вказати рядки таблиці, які є підтвердженням зробленого висновку або отриманого результату.

Цим завданням перевіряють процедурне знання (звання про принципи організації і проведення наукового дослідження) та відповідну компетентність – оцінювати й розробляти наукове дослідження.

Чи відповідатиме реальний експеримент з таким горщиком-холодильником наведеному вище робочому визначенню природничо-наукової компетентності? Так. Ситуація є ціл-

ком реалістичною та зрозумілою, проблема збереження продуктів за відсутності електропостачання та холодильників, на жаль, також є цілком ймовірною.

Як власноруч зробити такий «горщик у горщику», описано на сайті Instructables у статті «A Practical Zeer Pot (evaporative Cooler / Non-electrical Refrigerator)» [5] (мал. 3). Його виготовлення не потребує дорогих матеріалів і компонентів – його основу складають два керамічних або теракотових горщика різного діаметру, найдешевших і навіть неглазурованих, і декілька кілограмів піску. Звісно, для проведення експерименту (та й для більш зручного використання) бажано закріпити під кришкою термометр, але навіть сама прозора кришка не є необхідною: в стимулі для кластеру завдань, наведеному вище, вказано, що кришка може бути просто з тканини. Описані авторкою додаткові елементи конструкції (піддон з коліщатами) також не є необхідними. Але організація досліджень з реальним Zeer Pot відкриває значно ширше поле для розвитку вміння розробляти та оцінювати наукове дослідження порівняно з параметричною моделлю.



Мал. 3. Загальний вигляд «горщика в горщику» зі статті «A Practical Zeer Pot (evaporative Cooler / Non-electrical Refrigerator)» [5]

Авторка розробки, людина з ніком Berkana, яка мешкає у Сан-Франциско, Каліфорнія, і

яка не тільки тестувала цей горщик, а й проводила майстер-класи з його створення та використання, дає декілька порад:

– «Поставте горщик у провітрюване місце для початкового охолодження. Вітер абсолютно необхідний; без нього просто не охолоне.»

– Не варто залишати горщик освітленим прямими сонячними променями. «Кількість тепла, яке надає Сонце, повністю перебиває ефект випаровувального охолодження. Передбачається, що охолодження відбуватиметься виключно від випаровування, викликаного вітром, а не від випаровування під впливом сонця. Вплив сонця викликає випаровування, передаючи тепло; вплив вітру викликає випаровування, відриваючи молекули води, які відносять тепло, пропорційне теплу, необхідному для випаровування кількості винесеної води.»

– «Багато горщиків середнього розміру працюють краще, ніж один гігантський горщик. Здатність горщика охолоджувати вміст залежить від співвідношення площі поверхні та об'єму. Коли ви збільшуєте горщик Zeer Pot, об'єм збільшується пропорційно кубу лінійних розмірів, але площа поверхні збільшується лише пропорційно квадрату лінійних розмірів. Оскільки об'єм збільшується набагато швидше, ніж площа поверхні, один величезний Zeer Pot насправді буде працювати набагато гірше, ніж кілька менших.»

Ці поради є основою для добірки різних компетентнісно орієнтованих запитань, відповіді на які, здобуті самими учнями/ученицями при проведенні реального дослідження, можуть бути перенесені на інші практичні ситуації. На відміну від роботи з моделлю з описаного кластеру завдань, в реальному експерименті можна дослідити внесок декількох різних факторів: розмірів горщиків, швидкості вітру, температури та вологості повітря тощо. Вміння запланувати експерименти в такий спосіб, щоб стандартизувати умови і намагатися досліджувати вплив тільки якогось одного обраного фактора, незалежної змінної, також спирається на більш високорівневі компетентності порівняно з моделлю, в якій умови вже стандартизовані, а сам процес дослідження – каналізовано у певному дизайні.

Наведений приклад підводить нас до того, як може бути розв'язаним **парадокс компетентності**. Цей парадокс полягає в тому, що компетентність (дієві знання, уміння, способи дій) виявляє себе:

- за межами навчальних ситуацій,
- у завданнях, не схожих на ті, у яких ці знання, уміння, способи дій набувалися.

Тобто компетентність (зокрема, природничо-наукова) формується в умовах, які відрізняються від реальних ситуацій, і потім застосовується також в умовах, які відрізняються від навчальних ситуацій. Тому і менторська функція вчителя, і урочна структура навчання є перешкодами у формуванні адекватної природничо-наукової компетентності. Ми звикли вимірювати лише те, чому самі навчили, за зразками, на які спиралися у навчанні. Тут учні/учениці мають набути свою компетентність самотужки і застосувати там, де ми на це можемо навіть не очікувати (або сподіваємось, що використають – як-от із співвідношенням площі поверхні до об'єму, які зустрічатимуться, наприклад, у екології в правилах Аллена і Бергмана). Але перехід від окремих прикладних задач, що здатні формувати природничо-наукову компетентність, до цілісних курсів буде складним і довготривалим (якщо взагалі здійсненим). Але його реалізація – навіть через окремі завдання, блоки проєктів, міні-курси, в інших організаційних формах, які ще доведеться винайти і випробувати – є, на нашу думку, необхідною саме через те, що вони безпосередньо мають на меті покращення якості життя на основі природничих наук, техніки і технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національний звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2018 / кол. авт. : М. Мазорчук (осн. автор), Т. Вакуленко, В. Терещенко, Г. Бичко, К. Шумова, С. Раков, В. Горох та ін. ; Український центр оцінювання якості освіти. Київ : УЦОЯО, 2019. 439 с. URL : http://pisa.testportal.gov.ua/wp-content/uploads/2019/12/PISA_2018_Report_UKR.pdf
2. PISA: природничо-наукова грамотність / уклад. Т. С. Вакуленко, С. В. Ломакович, В. М. Терещенко, С. А. Новікова; перекл. К. Є. Шумова. – Київ, 2018. 119 с.
3. Rasch, G. (1960), Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests, Copenhagen: Danmarks Paedagogiske Institut, pp. 37–38; republished in 1980 by University of Chicago Press. Цит. за URL : https://en.wikipedia.org/wiki/All_models_are_wrong
4. Якість життя. Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії. Цит. за URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Якість_життя
5. A Practical Zeer Pot (evaporative Cooler / Non-electrical Refrigerator). URL : <https://www.instructables.com/A-Practical-Zeer-Pot-evaporative-cooler-non-electr/>