

Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.  
Серія 20. Біологія. – 2016. – випуск 6. – С. 83 - 88

УДК 6300.907.1

Гетьман В. І.

## ЕНЕРГЕТИЧНА ПРОБЛЕМА ТА ШЛЯХИ ЇЇ ВИРІШЕННЯ

В статті викладено погляд її автора на способи вирішення однієї з найголовніших проблем людства – енергетичної, наголошено на необхідності створення глобальної енергетичної економіки.

*Ресурси, енергія, ядерна енергетика, термоядерний синтез, плазма, дейтерій.*

Серед низки найважливіших екологічних проблем людства (стосовно його виживання в найближчій перспективі) особливо чільне місце посідає енергетична. Як ресурсна (забезпеченість енергією) вона буде третьою після демографічної і продовольчої (чверть населення світу - напівголодне).

Виходячи з закону (афоризму) екології як міждисциплінарної науки, американського еколога Баррі Коммонера [5] – “*Все зв’язане із всім*”, цілком зрозуміла зумовленість *енергетичної проблеми* виснаженням, або дефіцитом (більше споживаємо, ніж видобуваємо) енергетичних ресурсів на перенаселеній Землі. За оцінками експертів, запаси нафти (враховуючи і не розвідані) будуть вичерпані протягом 30-40 років, а то й до 2025 р. (за досить надійними експертними даними вони оцінені в межах 216-336 млрд. т.); вугілля вистачить приблизно на - 100-200 років і т. д. [2, 10]. І навіть, якщо вчені помиляються, то не набагато. Екологам відомий *закон* – “На всіх не вистачить!”

Інший бік енергетичної проблеми – споживання енергії сучасним людством. Так, видобуток природного газу зростає щорічно на 6,57%, нафти (з 1857 р., коли розпочали її промислове використання) кожні 10 років в середньому на 6,95% [10]. Тобто нині використання людством енергії зростає за експоненціальним законом. Інакше кажучи, за кожне десятиріччя майже подвоюється.

Причини зрозумілі. Перша – (як зазначено вище) демографічний вибух. Населення земної кулі вже перейшло рубікон у 7 млрд. чол. До 2030-2040 рр. при збереженні річного приросту 2-3% (щороку народжується 80-120 млн., щосекунди - п’ятеро дітей) воно сягне відмітки вдвічі більшої – 14 млрд. осіб [10]. Друга - бажання людей поліпшити сервіс, зробити комфортнішими умови свого життя. І перша й друга причини – природні, бо людина в основі є біологічним видом.

Виходить, ситуація вже надто серйозна, а то й критична. Недарма ще наприкінці 60 - х років минулого століття вчені “Римського клубу” (американці Д. Форрестер, Д. Медоуз, загалом їх було 30 з 10 країн світу) прогнозували у своїх песимістичних проектах (“Світова динаміка”, “Межі зростання”, загалом 12 варіантів прогнозу), що людство до 2100 року чекають надзвичайно складні випробування і труднощі виживання [4].

Виснаження запасів викопного палива у досить близькому майбутньому призведе до таких драматичних потрясінь, що навіть важко собі уявити (зникне світова економіка). В історії людства відомі випадки загибелі цілих цивілізацій при втраті ними

засобів до існуванні і контролю над навколишнім природним середовищем. Так, на о. Пасхі у Тихому океані про колишніх мешканців нагадують лише величезні кам'яні велетні - "статуї". У межиріччі Тигру і Євфрату (Месопотамія) зникла древня цивілізація шумерів через недосконалість іригаційних систем, що призвело до засолення ґрунтів і зменшення урожаїв [1, 11]. Тобто, екологічна проблема з часом переростає в економічну (чи навпаки), а та й у політичну. Західна Європа на 2/3 залежить від імпорту енергетичної сировини. Нинішня політична ситуація на Євразійському континенті, включаючи і військовий конфлікт на сході України, пов'язана з ресурсною (енергетичною) і, відповідно, екологічною проблемами. Адже йде боротьба за виживання, "місце під сонцем". За голі, безплідні землі ніхто воювати (улюбій формі – фінансовій, політичній) не буде.

Відтак теперішні газо - нафтові суперечки і намагання монополізувати вплив на нові джерела сировини з часом можуть перерости (і вже стали де-факто) із політичних у військові конфлікти локального (Кувейт, 1991 р.; Ірак, 2005 р.; Україна, 2014) і світового масштабу.

**Мета** статті – показати актуальність пошуку нових видів енергії для забезпечення постійно зростаючих потреб людства в енергетичній складовій його життєдіяльності, намітити основні орієнтири сучасного вирішення енергетичної проблеми.

### Результати дослідження, їх обговорення

Повернемося детальніше до основних напрямків вирішення енергетичної проблеми. Насамперед розглянемо два поняття: енергія та енергетичний ресурс. Перше - що розуміють під енергією? Не станемо вдаватися в дискусію, бо це поняття (існує тільки з середини ХХ ст.) як багато інших у науковому світі ("вартість" в економіці, "квант" у фізиці, "ландшафт" у географії) і досі не має точного визначення. Навіть Ісаак Ньютон не дав йому визначення. Він застосовував подібне - сила. Ми зараз тлумачимо це поняття як здатність виконувати роботу. Для окремої людини, енергія – це її працездатність.

Друге – що таке енергетичний ресурс, власне ресурс, і які бувають джерела енергії? Слово "ресурс" французького походження (*ressource*) і означає - засоби, можливості, запаси. Джерела енергії поділяють на дві групи: відтворювані та не відтворювані.

До першої групи належать енергія сонця, вітру, рік, морських припливів, геотермальна (внутрішнє тепло Землі) тощо. У майбутньому вони можуть стати серйозними джерелами світової енергетики. Навіть вже зараз, як приклад, завдяки гарячим гейзерам ісландці за Полярним колом вирощують у теплицях банани та обігрівають житлові будинки своєї столиці Рейк'явік.

До другої групи належать традиційні джерела енергії (органічні види палива - вугілля, нафта, горючий газ), законсервовані в земній корі мільйони років тому в результаті еволюційних геологічних процесів (пов'язаних з накопиченням осадових відкладів). До цієї групи також відносять ядерне паливо (уран, торій).

Не будемо детально розбирати кожний з перелічених видів енергії. Проте – декілька слів про тих, що у першій групі. Їх ще називають нетрадиційними, альтернативними. Хоча поки що ніякої альтернативи традиційним з другої групи вони не створюють. Чому? – Надто малий коефіцієнт корисної дії від використання, низька енергоефективність. Візьмемо, наприклад, сонячну енергію. Якщо використовувати 3-5 % тієї, що доходить до земної (денної) поверхні, ми забезпечили б собі безтурботне життя на безкінченне число років. Але при сьгоднішніх технологіях довелося б через сто років 10 % земної поверхні покрити сонячними генераторами. Вилучаються

фантастично великі ділянки території. Та й ККД сонячних батарей усього 6 - 18 %.

Низька ефективність і вітрових установок. Виробництво та встановлення одного вітряного генератора коштує 3 млн. доларів! Щоправда, є ще одна, як на сьогодні, модна енергетична “прерогатива”. – Це бережливе використання енергетичних ресурсів (корисних копалин) та економія електроенергії.

Йдеться про створення глобальної енергозберігаючої економіки [2]. Давайте зменшимо (з 965-ти млн.) кількість машин у світі (у США їх – 248 млн.). Вирішивши питання заторів (“пробок”) у містах (економія часу), водночас зекономимо бензин. Давайте перейдемо на велосипеди, створивши для них окремі смуги на дорогах.

Поміняймо електролампи розжарювання на люмінесцентні (енергозберігаючі) та світлові діодні. Енергозберігаючі лампи у 10 разів служать довше, ніж лампи розжарювання. Світлодіодна лампа, встановлена при народженні дитини, буде працювати до закінчення нею навчання у ВНЗ.

Давайте відмовимося від великих плоских телевізорів, які у чотири рази більше використовують електроенергії, ніж традиційні (на основі електронно-променевої трубки).

Давайте повсюдно перейдемо на енергозберігаючіші (і комфортніші) швидкісні електропоїзди (як, наприклад, в Японії). Давайте ... - Та не все це швидко робиться і, в добавок, супроводжується великою трудомісткістю.

Відтак, вище зазначені проблеми необхідно розглядати у площині екологічної культури. Джерелом екологічної культури є землеробський, аграрний досвід наших пращурів. У цьому досвіді – бережливе відношення до землі, до праці. Нині необхідно міняти на протилежне наше відношення до природи, формувати новий екологічний імператив. Навіть з того, що ми сьогодні знаємо про довколишній світ, про природне оточення, можна судити про деградацію людських відчуттів [8] (і, можливо, інтелекту).

Звернемося до прикладу. Перебуваючи на природі, пересічна людина оперує певним набором понять: ліс, дорога, поле тощо. Як називаються види лісових і польових рослин (назви яким давали наші предки) не кожен скаже. А в природі чимало загадок. Чому, наприклад, така тіншовитривала лісова рослинка як квасениця звичайна, або заяча капуста (*Oxalis acetosella*) у похмуру погоду і на ніч складає пластинки трійчастих листочків і закриває на ніч пелюстки своєї ніжної білої оцвітини?

Зазвичай, спостерігаємо доволі не широкий, бідний природознавчий кругозір і словниковий запас. Коли б ми краще знали природу, трепетніше б її оберігали. Щоб її знати, треба ставитися до неї з пошаною. А це вимагає самовдосконалення. У самовдосконаленні – осягнення таємниць Природи.

Тривала енергетична криза у сучасному світі має і позитивні **стимули**. Вона змушує шукати нові види і джерела енергії. Візьмемо ядерну і термоядерну енергію. Їх джерела - два діаметрально протилежні ядерні процеси (розділу і синтезу ядер атомів), що протікають з виділенням колосальної енергії. Сьогодні альтернативи власне ядерній енергії і пов'язаній з нею галузі матеріального виробництва - ядерній енергетиці, ще немає. Як не як, а в 26 країнах світу функціонує понад 400 ядерних реакторів, які виробляють електроенергії більше, ніж усі гідроелектростанції світу. Паливною сировиною (ядерним паливом) служать поширені у природі ізотопи торію та урану ( $\text{Th}^{232}$  і  $\text{U}^{238}$ ). За оцінками останнім часом західні країни мають близько 1-2 млн. тонн запасів урану.

У Франції атомні електростанції (АЕС) виробляють понад 80 % електроенергії. В енергобалансі України ядерна енергія складає понад 50 %. Це чимало. Проте, маємо Чорнобиль, як наслідок людської помилки. У колишньому Радянському Союзі певний час АЕС будували на основі, так званих, каналних реакторів, модернізованих з ядерних реакторів атомних підводних човнів. До того ж - прискореними темпами (зазвичай, для кількості). На Заході, на протиположний радянським, створювали корпусні

реактори з 2-3 залізобетонним захистом, зрозуміло, набагато кращі і безпечніші. Хоча теж були аварії у Великобританії (Уйндскейл, 1957 р.), у США (Айдахо-Фолс, 1961 р.; Гарисберг, АЕС “Тримайл-Айленд”, 1979 р.) [10, 7].

Не вирішеною залишається і проблема знешкодження радіоактивних відходів. Одним з варіантів її вирішення є освоєння космосу. У недалекій перспективі можна буде вивозити їх на Місяць, транспортувати супутниками у далекий космос. Організують вже міжпланетні автоматичні експедиції до Марса, Юпітера, Сатурна (НАСА планує десятирічну до Марса). В Україні у КБ “Південне” розроблено науково-технічний проект щодо створення ракетної системи безпечного видалення високорадіоактивних відходів АЕС у космос. Його реалізація можлива за умови широкого міжнародного співробітництва. Звичайно, ніхто не гарантує стовідсоткової безпеки запуску такої ракети (підйому у межах земної атмосфери).

Проблема термоядерного синтезу (енергії) може бути вирішена, якщо вдасться керувати термоядерною реакцією. Вирішивши її, людство одержить грандіозне щодо потужності джерело енергії. Синтез ядер дає у 100 раз більше енергії, ніж розщеплення атома урану [9].

Термоядерний процес отримання енергії не дає радіоактивних відходів. Сировиною для термоядерної реакції є дейтерій (важкий ізотоп водню), а також інший важчий ізотоп водню – тритій. Дейтерій міститься у морській воді. Там його надто багато – не менше 50 млрд. тонн.

Природа реакції термоядерного синтезу складна і створює великі труднощі. Щоб два ядра дейтерію (дейтерію і тритію) могли злитися та утворити ізотоп гелію (на чому і побудована термоядерна реакція), вони повинні підійти досить близько одне до одного, мати велику енергію (їх треба нагріти ядерним пальним).

Маємо справу з плазмою, четвертим станом речовини. Вона утворюється при температурах, вищих за температуру у внутрішніх областях зірок. Це іонізований газ, який складається з атомів і вільних електронів. У земних природних умовах плазма представлена обмежено: спалахами блискавки у мізерні доли секунди під час грози, полярні сьйва на полюсах. Сьогодні у лабораторних умовах досить гарячу плазму одержують поки що на короткі проміжки часу. Також вона ще не має комплексу всіх необхідних для термоядерного синтезу властивостей.

Головні труднощі полягають у тому, щоб ізолювати високотемпературну плазму від стінок апарату, в якому вона знаходиться. У чому реально вона може міститися? Справа за ефективним методом термоізоляції, який би унеможливував контакт плазми з довколишніми предметами. Тобто плазма з усіх сторін повинна бути оточена вакуумним простором (подібно до умов космосу). Але як утримати плазму від витоків (випромінювання) у вакуум? Це можна зробити за допомогою магнітного поля навколо плазми. Його силові лінії оточуватимуть плазму паралельно стінкам місткості, де вона перебуватиме. Заряджені частинки рухатимуться вздовж силових ліній. Подібне спостерігаємо у явищі полярного сьйва, де вони огинають Землю і сходяться щільно над полюсами. Створюється ніби пастка для плазми.

Ідея магнітної термоізоляції керованого термоядерного синтезу була оприлюднена ще у 1950 р. відомими у світі академіками СРСР А. Д. Сахаровим та І. Є. Таммом. Самостійно, приблизно тоді ж, до такої думки дійшли фізики США і Великобританії.

До слова, академік Ігор Тамм вважав ХХ ст. віком фізики, епохою атома, а ХХІ ст. – віком біології, генної інженерії. Термоядерну проблему планували вирішити у минулому столітті.

Другим ключовим питанням для успішного вирішення керованої термоядерної реакції є проблема стійкості плазми. Завдяки теоретичним розрахункам і проведеним

експериментам встановлено умови, при яких гаряча щільна плазма, утримувана у вакуумі магнітними силовими лініями, буде залишатися у рівновазі тривалий час.

Третє питання, яке зараз фактично вирішене, - це нагрівання плазми до необхідних температур. Для цього пропонують різні шляхи, зокрема: пропускання сильних струмів через плазму, введення у плазму високочастотної електромагнітної енергії [6].

Яким буде термоядерний реактор? – При злитті ядер дейтерію виникає ядро гелію (альфа-частинка) і нейтрон. Кінетична енергія цих продуктів синтезу становить термоядерну енергію. На нейтрони її приходиться 80 %. Альфа-частинки залишаються у плазмі, “підігриваючи” її своєю кінетичною енергією. На нейтрони не діє магнітне поле навколо плазми і вони виходять за її межі [1, 6]. Тому використання термоядерної енергії зводиться до використання енергії швидкісних нейтронів.

### Висновки

Енергію утворюваних при термоядерних реакціях нейтронів необхідно перетворити на тепло, яке грітиме воду, а її пара крутитиме турбіни. Подібний процес характерний для теплоелектростанцій. Можливо, вдасться перетворити термоядерну енергію в електричну напругу (без участі води і пари). Чимало залежить від інженерного розв’язання вище зазначених задач, від їх технічного впровадження у практику.

При всіх позитивах термоядерного синтезу може виникнути серйозна небезпека перегріву біосфери (чи географічної оболонки). Тому доведеться обмежувати виробництво термоядерної енергії і шукати способи видалення лишків тепла з географічної оболонки Землі.

Варто нагадати про екологічне правило одного відсотка. Воно стверджує, що сума енергій усіх катастрофічних земних процесів повинна бути меншою 1 % кількості сонячної енергії, що поступає на Землю. У протилежному випадку земну планету (цивілізацію) чекає глобальна катастрофа. Проте, по-перше, правило одного відсотка виводилося саме для природних процесів, що відбуваються на Землі. По-друге, якщо навіть до цих процесів включати діяльність людини (як біологічного виду), зокрема процес термоядерного синтезу, то хто вирахує скільки одиниць енергії виділяється при вулканічних вибухах, землетрусах тощо і наскільки ця числова величина буде більшою, чи меншою від 1 %.

По-третє. Термоядерні реакції передбачають керований процес ядерного синтезу і можливість його застосування повинна відповідати високому інтелектуально-моральному рівню суспільства. Можливо, нинішня затримка практичного застосування термоядерного синтезу і пов’язана з відсутністю такого рівня.

### Використана література:

1. Алексеенко И.Р. Последняя цивилизация? Человек. Общество. Природа / И.Р. Алексеенко, Л.В. Кейсевич. – К. : Наукова думка, 1997. – 411 с.
2. Браун Л.Р. Мир на грани. Как предотвратить экологический и экономический коллапс / Л.Р. Браун. - М. : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2013. – 208 с. – (Идеи для мира).
3. Горягин В.Ф. Концепции современного естествознания : Учеб. пособие / В.Ф. Горягин. – Донецк : ДИТБ, 2002. – 181 с.
4. Іванюк Д. П. Управління природоохоронною діяльністю : Навч. посібник / Д.П. Іванюк, І.В. Шульга. – К. : Алерта, 2007. – 368 с.
5. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология / Барри Коммонер / Пер. с англ. Послесл. акад. Е. К. Федорова. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 279 с.
6. Концепції сучасного природознавства : Підручник / Я.С. Карпов, В.В. Кисельник,

- В.Г. Кремень та ін. – К. : Професіонал, 2004. – 496 с.
7. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини : навч. посіб. / В.М. Лапін. – 7-ме вид., переробл. і допов. – К. : Знання, 2011. – 334 с.
  8. Маєр-Абіх Клаус Міхаель. Повстання на захист природи. Від доквілля до спільносвіту / Клаус Міхаель Маєр-Абіх / Пер. з нім., післямова, примітки Анатолія Єрмоленка. – К. : Лібра, 2004. – 196 с.
  9. Неклюкова Н. П. Общее землеведение. Часть 2 / Н. П. Неклюкова - М. : Просвещение, 1975. – 224 с.
  10. Термена Б. К. Охорона та раціональне використання природних ресурсів : Навчальний посібник / Б. К. Термена, С. Г. Літвіненко. - Чернівці : Книги – ХХІ, 2005. – 168 с.
  11. Тойнбі Арнольд Дж. Дослідження історії. Том 1 / Арнольд Джозеф Тойнбі / Пер. з англ. В. Шовкуна. – К. : Основи, 1995. – 614 с.; Том 2 / Арнольд Дж. Тойнбі / Пер. з англ. В. Митрофанова, П. Тарашука. – К. : Основи, 1995. – 406 с.

**В. И. Гетьман**

### **ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ**

К важнейшим экологическим проблемам человечества, которые касаются его выживания в ближайшей перспективе, принадлежит энергетическая. В мировой истории известны случаи гибели целых цивилизаций из-за исчезновения средств к существованию. Экологическая проблема со временем перерастает в экономическую, а та в политическую.

Сегодня особенно актуальны вопросы, касающиеся бережливого использования энергетических ресурсов и экономии электроэнергии. Задача состоит в создании глобальной энергосберегающей экономики. Этот вопрос необходимо рассматривать в плоскости экологической культуры общества.

В статье рассмотрены ядерная и термоядерная виды энергии как два диаметрально противоположные ядерные процессы, протекающие с выделением колоссальной энергии. Главное внимание уделено явлению термоядерного синтеза, особенностям его прохождения и перспективе практического использования с целью получения энергии.

**W. I. Getman**

### **ENERGY PROBLEM AND WAYS OF SOLVING IT**

Among the most important environmental issues of humankind, which concern its survival in the near future, is energy. Human history can provide many examples of fall of civilisations due to loss of means of existence. Environmental issue gradually becomes economic one, and the latter, subsequently, becomes political issue.

Nowadays the issue of sustainable use of energy resources and economy of electric energy is of great importance. It is about creating global energy-efficient economy. This issue must be also studied from the perspective of environmental culture.

The article describes nuclear and thermonuclear types of energy as two antipodal nuclear processes, which proceed releasing tremendous amount of energy. The main focus is made on thermonuclear fusion, characteristics of its proceeding and practical use with an aim to obtain energy.

Надійшла 25.07.2014 р.