УДК 338.45:621.31

С.В. Нараєвський, ст. викладач
Національний технічний університет України «КПІ»

# КЛАСИФІКАЦІЯ ТРАДИЦІЙНИХ ТА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ І ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ЕНЕРГІЇ

Розглянуто різні види класифікацій джерел енергії. Запропоновано узагальнену структуру функціонування альтернативної енергетики. Розроблено класифікаційну схему традиційних та альтернативних джерел і технологій перетворення енергії.

**Ключові слова:** альтернативні джерела енергії, альтернативна енергетика, альтернативні технології отримання енергії.

S. Narayevsky

# CLASSIFICATION OF TRADITIONAL AND ALTERNATIVE ENERGY SOURCES AND ENERGY TECHNOLOGIES

The different types of classifications of energy is analyses. The generalized structure of functioning alternative energy is proposed. The classification scheme of traditional and alternative energy sources and energy conversion technologies is developed.

**Keywords:** alternative energy sources, alternative energetic, alternative technologies of energy receipt.

С.В. Нараевский

# КЛАССИФИКАЦИЯ ТРАДИЦИОННЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Рассмотрены различные виды классификаций источников энергии. Предложена обобщенная структура функционирования альтернативной энергетики. Разработана классификационная схема традиционных и альтернативных источников и технологий преобразования энергии.

**Ключевые слова:** альтернативные источники энергии, альтернативная энергетика, альтернативные технологии получения энергии.

**Постановка проблеми у загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Питанням класифікації джерел енергії в науковій літературі приділяється значна увага. Так, в переважній більшості монографій, підручників,

© С.В. Нараєвський

навчальних посібників з різних напрямів енергетики, наводиться класифікація джерел енергії з їх поділом на відновлювальні та невідновлювальні або на традиційні і нетрадиційні (альтернативні). На нашу думку при порівнянні конкурентоспроможності різних видів енергетики, в першу чергу потрібно зосереджувати увагу, не на джерелах отримання енергії, а на технологіях (технологічних процесах) за рахунок яких відбувається перетворення первинної енергії в електричну, теплову чи механічну. Такому підходу в науковій літературі приділяється значно менше уваги.

**Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми.** У проекті оновленої «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року» опублікованій на сайті Міністерства енергетики та вугільної промисловості України розвитку відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) приділено більшу увагу ніж у попередньому варіанті опублікованому в 2006 р. В оновленому варіанті, окрім прогнозів розвитку вітроенергетики, сонячної генерації, малих ГЕС та біоенергетики, зазначаються завдання держави, серед яких слід виділити, підтримку розроблення і впровадження конкурентоспроможних технологій з розвитку ВДЕ та сприяння локалізації виробництва необхідного устаткування на українських підприємствах [1]. Отже, увага переноситься з ВДЕ на технології за рахунок яких ця енергія буде перетворюватись і в подальшому використовуватись.

**Цілі статті.** Запропонувати узагальнену структуру функціонування альтернативної енергетики у відповідності до термінології, яка наводиться у Законі України «Про електроенергетику» та у Законі України «Про альтернативні джерела енергії», а також розробити класифікаційну схему традиційних та альтернативних джерел і технологій перетворення енергії.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Класифікація традиційних та альтернативних джерел енергії розглядається в [2, с. 228 – 229; 3, с. 46 – 48; 4, с. 25 – 28; 5, с. 9 – 10; 6, с. 9, 100 – 103, 206 – 208], а питанням класифікації технологій (технологічних процесів), за рахунок яких відбувається перетворення первинної енергії в електричну, теплову чи механічну, приділяється значно менше уваги у науковій літературі.

Всі види енергетичних ресурсів можна поділити на первинні, які напряму отримують з природних ресурсів та вторинні, які виробляють з первинних (є продуктами їхньої переробки) [7, с. 17 – 18].

Якщо розглядати різні види енергетичних ресурсів, які є на Землі залежно від того звідки надходить первинна енергія, то їх можна розбити на три групи [2, с. 228; 5, с. 10]:

- переважна більшість енергетичних ресурсів Землі є продуктами діяльності Сонця;
- гравітаційна енергія є результатом взаємодії об'єктів Сонячної системи, і в першу чергу Сонця, Землі та Місяця;
- теплова енергія ядра Землі надає геотермальну енергію, яка є результатом хімічних і ядерних реакцій, що протікають у її надрах.

Первинною енергією називають енергію, яка знаходиться у природних джерелах і в процесі її використання може бути перетворена на електричну, теплову, механічну та хімічну [8, с. 14].

На рис. 1 зображено джерела надходження первинної енергії та можливі напрями їх використання.

Схема класичної первинної енергії поділяє енергетичні ресурси на дві групи: традиційні та нетрадиційні види енергії (рис. 2). Традиційні види енергії широко використовувались людиною і на сьогодні до них відносять: ядерне паливо (уран, торій та ін.), органічне паливо (тверде паливо – вугілля, торф; рідке паливо – нафта; газоподібне паливо – природний газ), гідромеханічна енергія.

Нетрадиційні види енергії мають більш вузьку сферу використання і до них відносять: сонячну енергію, енергію вітру, біологічне паливо, енергію морських хвиль, геотермальну енергію та енергію приливів [4, с. 25].

На даний час більшість науковців поділяють джерела енергії на дві великі групи, але у різних класифікаціях є певні відмінності та особливості. Так, джерела енергії поділяють на відновлювальні (ВДЕ) та невідновлювальні (НДЕ), або на традиційні та нетрадиційні.

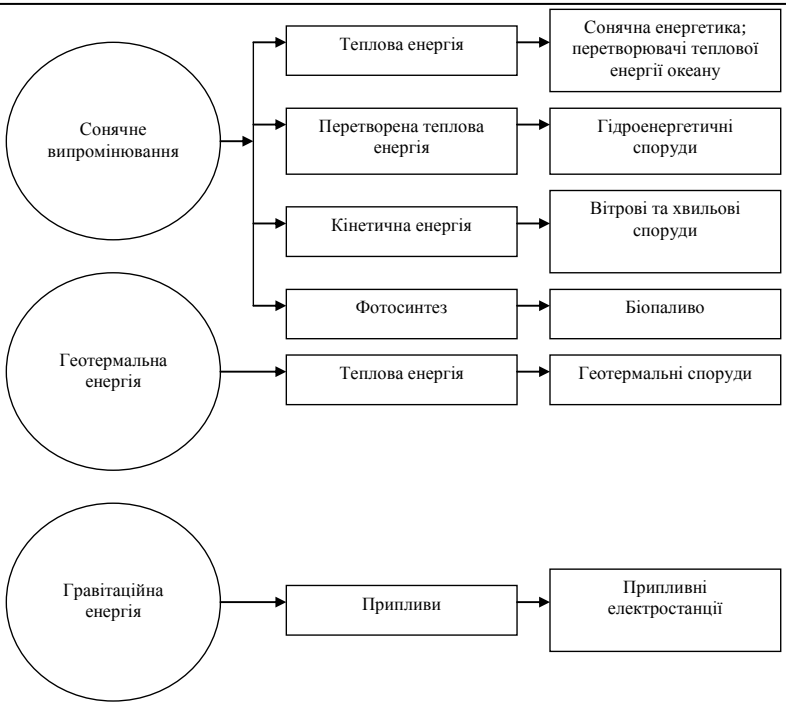


Рис. 1. Джерела надходження первинної енергії на Землю [5, с. 10]

Енергетичні ресурси Землі, за класифікацією Світової енергетичної ради (93 країни-члена, в тому числі і Україна) поділяються на 16 видів. Відповідно виділяються окремі групи, пов'язані між собою (рис. 3) [2, с. 228 – 229; 8]:

- за рівнем і масштабом освоєння: традиційні та нетрадиційні;
- за природою енергоутворення: відновлювальні та невідновлювальні.

Іноді нетрадиційні джерела енергії називають альтернативні.

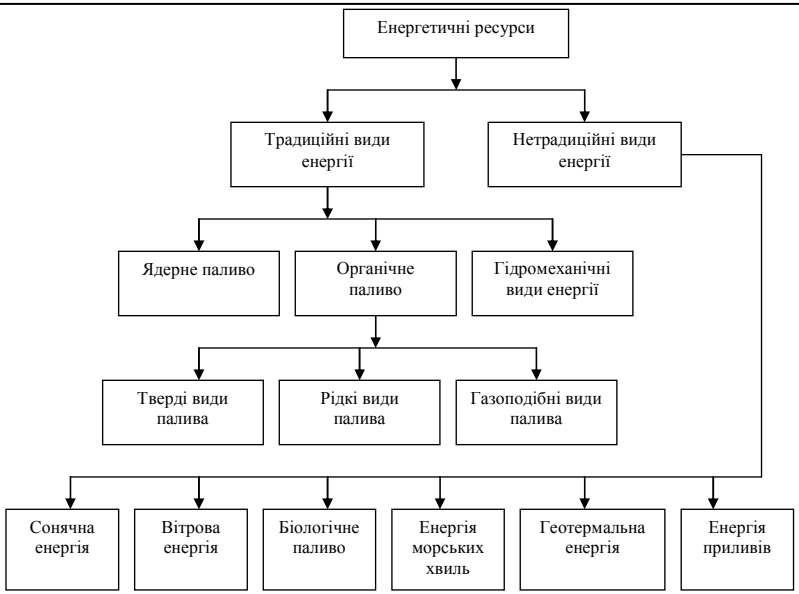


Рис. 2. Ієрархічна схема класичної первинної енергії [4, с. 25]

Розподіл джерел енергії у першій групі (традиційні та нетрадиційні) проведено відповідно до рівня їхнього освоєння та розповсюдження енергетичних технологій їх використання, а у другій групі (відновлювальні та невідновлювальні) – за природою та періодичністю їх утворення. Невідновлювальним для утворення потрібен значний відрізок часу (тисячі, мільйони років), а відновлювальні в тій чи іншій періодичності існують у природі постійно.

До традиційних енергоресурсів належать всі джерела енергії, які є первинними джерелами енергії сучасної енергетики, це всі види невідновлювальних джерел енергії (вугілля, нафта, природний газ, горючі сланці, ядерна енергія та ін.), а також торф, дрова, гідроенергія великих водотоків та мускульна сила тварин і людей.

До нетрадиційних (альтернативних) енергоресурсів належать всі види відновлювальних джерел енергії: біомаса (за виключенням дров), сонячна енергія, геотермальна енергія, вітрова енергія, енергія припливів, хвиль, водотоків (за виключенням гідроенергії великих водотоків). Також до нетрадиційних можна зарахувати

невідновлювальні енергетичні ресурси: природний газ малих газових, газоконденсатних, нафтогазоконденсатних родовищ, попутний нафтовий газ, промислові гази, метан вугільних родовищ.

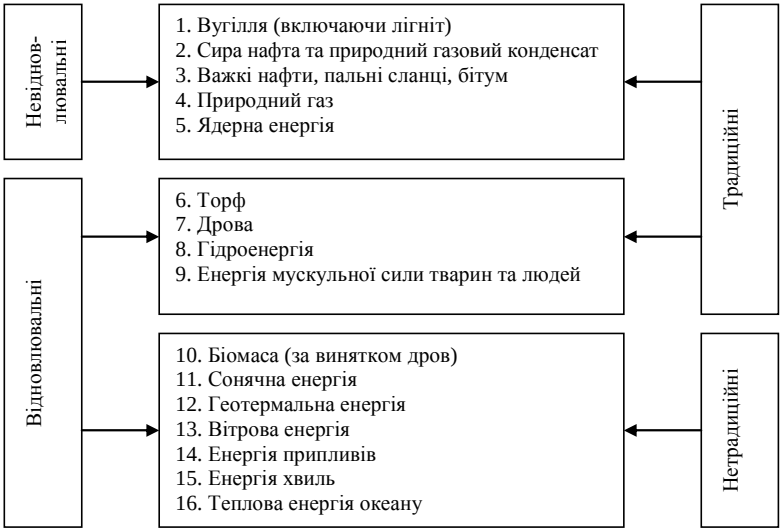


Рис. 3. Класифікація джерел енергії за даними Світової енергетичної ради [2, с. 228 – 229])

До невідновлювальних ресурсів належать вугілля, торф, нафта, природний газ, ядерне паливо.

До відновлювальних (поновлювальних) джерел належать потоки енергії, які постійно чи періодично розповсюджуються у навколишньому середовищі. Переважна більшість відновлювальних джерел енергії поділяються на дві групи – пряма енергія сонячного випромінювання та її вторинні прояви у вигляді вітру, гідроенергії, теплової енергії навколишнього середовища, енергії біомаси та ін. До них належать: промениста енергія Сонця; енергія вітру; гідроенергія течій, хвиль, припливів; теплова енергія навколишнього середовища (Землі, повітря, морів та океанів); енергія мускульної сили людей та тварин; біомаса. Також, до відновлювальних джерел енергії зараховують геотермальну

енергію, хоча її теплова енергія виділяється у результаті протікання хімічних реакцій і розпаду радіоактивних елементів, запаси яких є обмеженими і за своєю природою вона є невідновлювальним джерелом.

У подальшому увага буде зосереджуватися передусім на відновлювальних джерелах енергії з певним наголосом на їх нетрадиційні види – нетрадиційні відновлювані джерела енергії (НВДЕ), які мають ще одну назву – «альтернативні джерела енергії» (АДЕ). У Законі України «Про електроенергетику» [10] та у Законі України «Про альтернативні джерела енергії» визначаються саме альтернативні джерела енергії [11].

Альтернативні джерела енергії – відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, та вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний гази, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [10; 11].

Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) до АДЕ належать такі категорії [12, с. 48; 13]:

- сонячна енергія: випромінювання Сонця, що використовується для одержання гарячої води й електричної енергії;
- енергія вітру: кінетична енергія вітру, що застосовується для виробництва електроенергії у вітрових турбінах;
- гідроенергія: потенційна, або кінетична, енергія води, перетворена на електричну енергію за допомогою гідроелектростанцій, як великих, так і малих;
- геотермальна енергія: теплова енергія, що надходить із земних надр, зазвичай, у вигляді гарячої води або пари;
- енергія припливів, морських хвиль і океану: механічна енергія припливних потоків або хвиль, що використовується для виробництва електричної енергії;
- тверда біомаса та тваринні продукти: біологічна маса, у тому числі будь-які матеріали рослинного походження, що використовуються безпосередньо як паливо або перетворюються на інші форми перед спалюванням (деревина, рослинні відходи та

відходи тваринного походження; деревне вугілля, яке одержують з твердої біомаси);

- газ чи рідина з біомаси: біогаз, отриманий у процесі анаеробної ферментації біомаси та твердих відходів, який спалюється для виробництва електрики і тепла;

- муніципальні відходи: матеріали, що спалюються для продукування теплової та електричної енергії (відходи житлового, комерційного та громадського секторів);

- промислові відходи: тверді й рідкі матеріали, що спалюються безпосередньо, зазвичай, на спеціалізованих підприємствах, для виробництва теплової й електричної енергії.

Розглядаючи питання конкурентоспроможності у енергетичній сфері, на нашу думку, значну увагу потрібно зосереджувати не на джерелах енергії, а на технологіях перетворення енергії, отриманої від традиційних чи альтернативних джерел енергії у електричну, теплому чи механічну енергію.

Технологія (від грецького τέχνη – мистецтво, майстерність, вміння та λογος – думка, причина) – це сукупність прийомів і способів переробки сировини, виготовлення продукції, переробки матеріалів, напівфабрикатів і т. п., що відбуваються у різних галузях господарства [14, с. 542].

Традиційну енергетику поділяють на електроенергетику та теплоенергетику. Перетворення первинної енергії відбувається на ТЕС, АЕС, ГЕС. Відповідно, традиційні технології отримання енергії розділяються на три напрями [14, с. 34, 113, 531, 535]:

- перетворення теплоти від спалювання органічних видів палива (переважно вугілля, природний газ, мазут) в електричну, теплову та механічну енергії. Використовуються на ТЕС, ТЕЦ, в двигунах внутрішнього згорання;

- перетворення теплоти від поділу ядер урану чи плутонію в електричну (переважно) та теплову енергію. Використовується на АЕС;

- перетворення кінетичної енергії води в електричну енергію. Використовується на ГЕС.

Зазначене вище склалося в понятійно-термінологічному апараті протягом XX ст. З 22 березня 1985 р. Віденською конвенцією ООН про охорону озонового шару було введено термін «альтернативні технології». За їх визначенням: «альтернативні

технології або устаткування» означають технології або устаткування, використання яких надає можливість зменшити чи зовсім усунути викиди речовин, що впливають чи здатні несприятливо впливати на озоновий шар (Стаття 1. Визначення) [15].

У законі України «Про альтернативні джерела енергії» надається визначення терміну альтернативна енергетика: «альтернативна енергетика – сфера енергетики, що забезпечує вироблення електричної, теплової та механічної енергії з альтернативних джерел енергії» [11].

На основі приведених вище визначень (альтернативні джерела енергії, альтернативні технології та альтернативна енергетика) запропоновано узагальнену структуру функціонування альтернативної енергетики (рис. 4).

Рис. 4. Узагальнена структура функціонування альтернативної енергетики

При поєднанні традиційних та альтернативних джерел і технологій отримання енергії нами запропонована наступна

класифікаційна схема (рис. 5). Якщо класифікація джерел і технологій традиційної енергетики є фактично загальноприйнятою, то відносно альтернативної енергетики ситуація є значно складнішою. Враховуючи значну кількість альтернативних джерел енергії та ще більший перелік альтернативних технологій їхнього використання, на рис. 5 приведені лише самі розповсюджені види. Далі наведемо їх більш детальну характеристику.

Вітроенергетика – це сукупність засобів перетворення енергії вітру в електричну енергію [2, с. 249]. Вітроустановка (ВЕУ, вітроагрерат – слово синонім) є складним автоматизованим електромеханічним комплексом з перетворення енергії вітру в електричну енергію.

У більшості випадків вітроустановки поділяють за встановленою потужністю на малої (до 100 кВт) і великої (понад 100 кВт) потужності, а в деяких джерелах їх поділяють на три групи: малої (до 100 кВт), середньої (від 100 кВт до 1 МВт) і великої (понад 1 МВт) [6, с. 285, 290].

Сонячна енергетика (геліоенергетика – альтернативна назва) – основана на перетворенні прямого сонячного випромінювання на теплову та електричну енергію. Вона поділяється на сонячну: теплоенергетику, теплоелектроенергетику та фотоенергетику [6, с. 221 – 222, 255 – 256, 264].

Сонячна теплоенергетика призначена для теплопостачання індивідуальних і багатоквартирних житлових будинків, лікувально-курортних установ, фермерських господарств, дачних будинків, плавальних басейнів і виробничих процесів у сільському господарстві та промисловості. Основним устаткуванням є сонячний колектор, в якому завдяки сонячній радіації відбувається нагрівання теплоносія.

Сонячна теплоелектроенергетика використовує сонячну енергію у теплових установках, в яких за допомогою оптичних систем концентрується сонячна енергія для нагрівання робочого тіла до температури, що забезпечує ефективну роботу теплових машин і виробництво електричної та теплової енергії.

Сонячна фотоенергетика використовує пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію за допомогою фотоелементів. За встановленою потужністю сонячні перетворювачі

можуть мати від декількох сот Ват (встановлених на даху будинку) до понад 100 МВт (промислові електростанції).

Рис. 5. Класифікаційна схема традиційних та альтернативних джерел і технологій перетворення енергії

Гідроенергетика використовує потенціальну та кінетичну енергію води перетворюючи її в електричну енергію. Міжнародна

класифікація за нормативами ООН до малої гідроенергетики відносить ГЕС потужністю до 30 МВт. Їх поділяють на: мікро-ГЕС потужністю до 100 кВт включно; міні-ГЕС потужністю до 1000 кВт включно; малі ГЕС потужністю більше 1 МВт та до 30 МВт [399]. Не всі країни притримуються цієї класифікації і відносять до малих ГЕС: Іспанія потужністю до 150 МВт, Німеччина – 40 МВт, США та Російська Федерація – 30 МВт, Швейцарія – 10 МВт, Великобританія – 5 МВт, Данія – 1,1 МВт) [2, с. 371; 6, с. 400].

Інші види гідроресурсів: енергія хвиль і морських течій, енергія водоспадів, приливні ГЕС в Україні є малоперспективними та фактично відсутні.

Геотермальна енергія означає, що це енергія тепла Землі («гео» – земля, «термальна» – теплова). Основним джерелом енергії виступає постійний потік теплоти з розжарених надр, направлений до поверхні Землі який перетворюється енергоблоками геотермальних станцій у теплову та електричну енергію [6, с. 354]. Потужність найбільшої в світі групи геотермальних електростанцій (складається з 22 геотермальних електростанцій), розміщеної на північ від Сан-Франциско, штат Каліфорнія у США, становить 1517 МВт [16].

Біомаса – це сукупність організмів існуючих у екологічній системі на момент спостережень. Основну частину біомаси становить фітобіомаса (97 – 99 %), а частина зообіомаси становить 1 – 3 %.

Виділяють наступні групи відновлювальних енергетичних носіїв, що отримують з біомаси та продуктів її життєдіяльності: деревина, її відходи, продукти санітарної вирубки лісів, торф, листя, тирса і т. п.; рослини, які спеціально вирощуються для енергетичних потреб (осика, ріпак, морські водорості та ін.); відходи сільгоспвиробництва (гній, курячий послід, стебла, лушпиння і т. п.); відходи життєдіяльності людей, включаючи промислову діяльність (тверді та рідкі побутові стоки, відходи харчової промисловості, сміття, лігнін та ін.).

Широкий перелік різних видів біомаси зумовлює значну кількість технологій її переробки і, відповідно, отримання різноманітних енергетичних продуктів (табл. 1), але спалювання біомаси становить близько 80 % від загальносвітових обсягів використання біомаси [2, с. 300 – 301].

Таблиця 1

Біоенергетичні технології та види енергетичних продуктів [2, с. 301]

| Вид біомаси | Технологія (технологічний процес) | Енергетичні продукти |
|---|---|---|
| Суха біомаса | Спалювання | Теплова та електрична енергія |
| | Газифікація | Горючі гази, метанол |
| | Піроліз | Горючі гази, смоли, деревинне вугілля (напівкокс) |
| | Гідроліз і дистиляція | Етиловий спирт |
| | Брикетування пресуванням | Паливні гранули (пеллети), паливні брикети |
| Волога біомаса | Анаеробне зброджування | Біогаз |
| | Зброджування, ферментація і дистиляція | Паливний спирт |
| | Етерифікація | Біодизпаливо |

Теплові трансформатори (теплові насоси), що використовують низькопотенціальну теплову енергію навколишнього середовища (води, ґрунту, повітря), а також «теплові відходи» промислових підприємств і комунального господарства, є альтернативою невеликих ТЕЦ і котелень, які забезпечують теплопостачання невеликих міст і селищ [6, с. 377]. Даний напрям має більше відношення до енергозбереження, а не безпосередньо до виробництва теплової чи електричної енергії.

Розглянуті вище варіанти альтернативних технологій використовують (переважно) відновлювальні джерела енергії. Окрім відновлювальних є широкий перелік технологічних процесів, що в якості джерела енергії використовують нетрадиційні джерела енергії: джерела прямого перетворення різних видів енергії в електричну; нетрадиційні види палива; вторинні енергетичні ресурси.

До технологій, що надають можливість перетворити теплову енергію в електричну відносять: магнітогідродинамічне перетворення енергії; використання енергії реакторів-розмножувачів на швидких нейтронах; використання енергії термоядерних реакцій; термоелектричні технології;

термофотоелектричні технології; термоемісійні технології; технології з використанням цирконію.

До нетрадиційних видів палива доцільно віднести: водень і водневу енергетику; метан вугільних родовищ і сміттєзвалищ, синтез-газ, енергія газів геотермальних вод, енергія біомулу очисних споруд.

Вторинні енергетичні ресурси можна розділити на три групи:

- горючі (пальні) – це хімічна енергія відходів технологічних процесів хімічної та термохімічної переробки сировини;
- теплові – це теплота відхідних газів у процесі спалювання палива, теплота води й повітря, які використовуються для охолодження технологічних агрегатів, теплота виробів і відходів виробництва (наприклад, металургія);
- надлишкового тиску – це потенційна енергія газів, рідин і сипучих тіл, що залишають технологічні агрегати з надлишковим тиском (напором) [6, с. 100 – 103].

На основі досліджених класифікаційних ознак традиційних та альтернативних джерел і технологій отриманні енергії, їх ваговій частині у виробництві енергії на сьогодні, перспектив для подальшого впровадження і реалізації, увагу доцільно зосереджувати на конкурентоспроможності вітрової енергетики, сонячної енергетики, малої гідроенергетики, геотермальної енергетики та спалюванні біомаси.

**Висновки.** Наведено класифікацію джерел надходження первинної енергії на Землю, ієрархічну схему класичної первинної енергії, класифікацію джерел енергії за даними Світової енергетичної ради та класифікацію альтернативних джерел енергії Міжнародного енергетичного агентства.

Запропоновано узагальнену структуру функціонування альтернативної енергетики на основі Закону України «Про електроенергетику» та Закону України «Про альтернативні джерела енергії».

Розроблено класифікаційну схему традиційних та найбільш розповсюджених альтернативних джерел і технологій перетворення енергії. Дана класифікація є актуальною при порівнянні конкурентоспроможності традиційних і альтернативних видів енергетики і вибору найбільш економічно доцільних.

1. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Проект оновленої «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish /article?art_id=2220.

2. Енергоефективність та відновлювальні джерела енергії. [Текст] / Під заг. ред. А. К. Шидловського. – Київ.: Українські енциклопедичні знання, 2007. – 560 с.

3. Варламов Г. Б., Любчик Г. М., Маляренко В. А. Теплоенергетика та екологія: Підручник. [Текст] / Г. Б. Варламов, Г. М. Любчик, В. А. Маляренко. – Х.: «Видавництво САГА», 2008. – 234 с.

4. Праховник А. В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. [Текст] / А. В. Праховник – К.: «Освита Украины», 2007. – 464с.

5. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика: основи теорії і задачі: Навч. посіб. [Текст] / Д. Л. Дудюк, С. С. Мазепа, Я. М. Гнатишин. – Львів: "Магнолія 2006", 2008. – 188 с.

6. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії: Навчальний посібник. [Текст] / О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен, О. О. Ситник, А. В. Чернявський, Г. В. Курбаса; За заг. ред. О. І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 483 с.

7. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации. Руководство по энергетической статистике. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.gks.ru/metod/ManualRussian_web.pdf.

8. Самойлов М. В. Основы энергосбережения: Учеб. пособ. [Текст] / М. В. Самойлов, В. В. Паневич, А. Н. Ковалев. – Мн.: БГЭУ, 2002. – 198 с.

9. Світова енергетична рада (CEP). [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.worldenergy.org/.

10. Сайт Верховної Ради України. Закон України «Про електроенергетику» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/575/97-%D0%B2%D1%80.

11. Сайт Верховної Ради України. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/555-15.

12. Дев'яткіна С. С., Шкварницька Т. Ю. Альтернативні джерела енергії: навч. посібник. [Текст] / С. С. Дев'яткіна. - К.: НАУ, 2006. – 92с.

13. Міжнародна енергетична агенція (МЕА). [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.iea.org/.

14. Новый политехнический словарь [Текст] / Гл. ред. А. Ю. Ишлинский. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2000. – 671 с.

15. Сайт Верховної Ради України. Міжнародні документи. Віденська конвенція про охорону озонового шару [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_088.

16. Гейзери геотермальні родовища [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.power-technology.com/projects/the-geysers-geothermal-california.