

**ФАКТОРИ УПРАВЛІННЯ СТАЛИМИ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ
ТРАНСФОРМАЦІЯМИ В ЕНЕРГОСЕКТОРІ УКРАЇНИ¹****Письменна У.Є.,***к.е.н., старший науковий співробітник сектору прогнозування розвитку ПЕК ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»,
ст.викладач НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»***Трипольська Г.С.,***к.е.н., старший дослідник, старший науковий співробітник сектору прогнозування розвитку ПЕК ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»***Курбатова Т.О.,***к.е.н., старший викладач кафедри міжнародних економічних відносин Сумського державного університету***Кубатко О.В.,***д.е.н., професор, доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування Сумського державного університету*

У статті розглянуто передумови сталого розвитку енергетичного сектору з позицій політичного та економічного підґрунтя енергетичних трансформацій, актуалізовано та розкрито наукову проблему впливу соціо-технічних трансформацій, зокрема, енергетичних, на сталість економіки. Визначено, що задача оцінки ефективності енергетичної системи як сукупності критеріїв досягнення компромісу інтересів, стабільності та надійності енергетичних ринків найкраще вирішується за допомогою оцінки енергетичної сталості. Визначено проблеми та шляхи активізації використання важелів енергетичної політики з метою сприяння сталим енергетичним трансформаціям. Визначено, що за допомогою сталих енергетичних трансформацій держава здатна подолати власну неефективність перетворення і споживання енергії та продемонструвати явище декаплінгу (зростання економіки без істотного зростання енергоспоживання). Розглянуто енергетичні політики і стратегії в якості засобів управління енергетичними трансформаціями: створення передумов для їх виникнення; форсування /уповільнення, підтримка поточних трансформацій; зведення до мінімуму негативних зовнішніх факторів і соціальних факторів уразливості від змін соціо-технічних режимів; підтримання оптимального енергетичного балансу. Досягнуто глибше розуміння процесу управління енергетичними трансформаціями, уразливості енергетичних систем під їхнім впливом. Виокремлено три ключових фактори управління енергетичними трансформаціями з метою посилення рівня енергетичної сталості та забезпечення сталого розвитку економіки країни: хід (протікання) трансформацій, уразливість економічної системи під їхнім впливом та рівень сталості енергетичних трансформацій. Ефективне управління такими трансформаціями за допомогою зазначених факторів здатне стати запорукою сталого розвитку не лише енергетичного сектора, а й економіки в цілому та створити передумови для її переходу на сталий і циркулярний тип розвитку. Проаналізовано управління енергетичними трансформаціями в енергетичному секторі України на прикладі диверсифікації електропостачання шляхом експлуатації малих сонячних електростанцій у приватних домогосподарствах.

***Ключові слова:** енергетична сталість, енергетичні трансформації, відновлювальні джерела енергії, уразливість, енергетична політика.*

DOI: 10.21272/1817-9215.2020.3-16

ВСТУП

Ретроспектива і перспектива трансформацій енергетичних систем та їхній вплив на сталість розвитку економік країн світу, зокрема України, ставлять нові виклики. Україна має передумови (виклики) енергетичних трансформацій, які знайшли відображення як цілі в основних національних стратегіях і планах в енергетичній сфері, а саме: зменшення енергомісткості ВВП з 0,24 до 0,13 т н.е./тис. дол ПКС до 2035 р.; досягнення 25% частки ВДЕ у ЗППЕ до 2035 р.; забезпечення енергетичної

¹ Публікація підготовлена у рамках виконання наукових проєктів № 2020.01/0135 «Формування економічних механізмів сталого розвитку відновлювальної енергетики в умовах глобальних та локальних загроз», які фінансуються Національним фондом досліджень України) та № 2020.02/0231 «Стохастичне моделювання дорожньої карти гармонізації вітчизняних та європейських стандартів регулювання енергетичного ринку на шляху переходу до циркулярної та вуглецево-нейтральної економіки».

незалежності, у т.ч. швидке нарощення ресурсної бази і видобутку первинних енергоресурсів, вітчизняних засобів для їхнього перетворення, створення запасів, технічне і технологічне переоснащення ключових підприємств енергетичної сфери, диверсифікація джерел і маршрутів постачання: не більше 30% загального кінцевого споживання від однієї країни-постачальника; розвиток вітчизняного газовидобутку з метою перевищення власного споживання із початком експорту природного газу власного видобутку з 2035 р.; гарантоване забезпечення відповідності наявних генеруючих потужностей обсягам і режимам споживання електроенергії в ОЕС України, у т.ч. наявність і доступність регулюючих і резервних потужностей; забезпечення технічної інтеграції ринків електроенергії та природного газу України та ЄС (наявність транс-кордонних мереж) у обсязі, не меншому ніж 18% (електроенергія) та 40% (природний газ) відносно обсягів внутрішнього ринку електроенергії/природного газу в Україні; формування до 2035 р. системи гарантованого енергопостачання для потреб національної економіки і суспільства на особливий період не менше 90 діб енергоспоживання тощо.

Пануюча концепція сталого розвитку має на меті підтримання якості та безпеки життя людей у сьогоденні та майбутньому; зростання добробуту і забезпечення соціального прогресу; збереження життєво важливих ресурсів і недопущення погіршення стану навколишнього середовища. При цьому енергетичні цілі, що є технологічними за своєю суттю, приймають інституційне та геополітичне забарвлення, а сценарії потребують аналізу та моделювання з позицій політичного та економічного підґрунтя енергетичних трансформацій. Ефективне управління ними має стати запорукою сталого розвитку не лише енергетичного сектора, а й економіки в цілому та створити передумови для її переходу на сталий і циркулярний тип розвитку.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Соррел [1], піднімаючи питання недооцінки впливу використання енергії на продуктивність, наводить порівняння ортодоксального і екологічного поглядів на енергію, продуктивність та економічне зростання (табл. 1). При цьому сукупна факторна продуктивність за своєю суттю є відображенням технологічного рівня економіки та відбиває загальну ефективність поєднання факторів виробництва. Інновації також є фактором виробництва, оскільки забезпечують якісну зміну ефективності виробничого процесу. Саме екологічний погляд найкраще пояснює вплив розвитку енергетики на сталість економічного розвитку.

Таблиця 1 – Ортодоксальний та екологічний погляди на енергію, продуктивність та економічне зростання (джерело: побудовано на основі [1], [2], [3])

	Ортодоксальний погляд	Екологічний погляд
Головне джерело підвищення продуктивності	Екзогенна та ендогенна технологічна заміна	Зростаюча доступність (технологічно і фінансово) енергії високої якості
Гранична продуктивність постачання енергії	Пропорційно частці енергії у вартості випуску	Більша ніж частка енергії у вартості випуску
Альтернативні постачання для виробництва	Товари-замінники згідно з еластичністю на рівні сектора	Товари-замінники згідно з еластичністю на рівні сектора
Декаплінг енергоспоживання та ВВП	Декаплінг відбувся в економіках країн ОЕСР, а також наявний потенціал для подальшого декаплінгу	Традиційні енерготехнології гальмують декаплінг. Існує сильний зв'язок між якісно використаною енергією та випуском економіки
Ефект віддачі в економіці	Невеликий	Суттєвий

Первинним фактором енергетичних трансформацій (ЕТ) часто виступає енергетична політика, яка, в свою чергу, розглядається як компроміс інтересів глобальних гравців (країн, наднаціональних утворень або регіональних енергетичних

систем). Таким чином, енергетична політика, як «напрямок дій, прийнятих і стримуваних урядом» (Кілієвич, 1998), може бути повністю визначеною геополітикою, тобто відповідностями розподілу і перерозподілу сфер різних держав і міждержавних об'єднань. Крім того, слід взяти до уваги зростаючий вплив на енергетичну політику «транснаціональних мереж управління за участю недержавних суб'єктів». І цей вплив буде зростати в майбутньому, приймаючи різні форми [4].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Використовуючи теорію соціо-технічних трансформацій, а також теорії уразливості і стійкого розвитку як сходинки, необхідно досягнути розуміння передумов сталих ЕТ та виокремити основні фактори управління ЕТ.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для вирішення поставлених завдань використано методи аналізу й синтезу, узагальнення, дослідження діалектичного зв'язку теорії соціотехнічних трансформацій та сталого розвитку, метод аналітичних та логічних узагальнень – для обґрунтування взаємовпливу економічної та енергетичної сталості, а також структурно-функціональний метод і метод структурно-логічного аналізу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Стратегії країн, що розвиваються, пов'язані з постачаннями дешевих енергоресурсів для досягнення максимального зростання економік, і контрастують з політикою розвинених країн, спрямованою на забезпечення безпеки енергопостачання (зменшення уразливості), а також на екологічні і соціальні аспекти стійкості. Зміни у регіональній структурі світової енергетики супроводжуються збільшенням коефіцієнта чистої енергії, а також збільшенням числа країн, чия частка внутрішнього постачання по кожному енергетичному ресурсу становить менше 20% та/або швидко зменшується. Вплив регіональних енергетичних диспропорцій на великі регіони і країни, що розвиваються, створює зростаючу залежність від імпорту енергоресурсів і підвищення конкуренції за ресурси. Тенденції забезпечення збільшення попиту і стійкого імпорту енергоресурсів в світі, нестабільність цін на енергоносії становлять значну проблему для більшості світових економік.

Запровадження нових ресурсних баз і транзитної інфраструктури змінює географічну структуру і правила світових енергетичних ринків: регіони виробництва і споживання, стратегічні шляхи постачань енергоресурсів, відповідність попиту і пропозиції, правові та організаційні принципи ринків, що функціонують. Таке збільшення напруги робить виклик запровадженню сталих ЕТ у напрямку сталих енергетичних систем.

Завдяки теорії соціо-технічних трансформацій [5], ми можемо розглянути енергетичні політики і стратегії (плани дій щодо їх реалізації) як управління ЕТ. Це включає в себе: створення передумов для їх виникнення; їх форсування / уповільнення, підтримка поточних трансформацій; зведення до мінімуму негативних зовнішніх факторів і соціальних факторів уразливості від змін соціотехнічних режимів; підтримання оптимального енергетичного балансу. При такому розгляді, успіх або провал реалізації політики головним чином залежить від відмінностей у процесах ЕТ.

А.Черпом, В.Вінниченком [6] описані відмінності в процесах ЕТ (які поділяються на три типи: техноекономічні, соціо-технічні та політичні), що у різних країнах пояснюються виконанням п'яти механізмів:

- а) держави працюють з новоутвореними елементами соціо-технічного режиму для забезпечення надійного балансу попиту / пропозиції;
- б) режими отримують / втрачають міцність від енергетичних ресурсів та динаміки інфраструктури; в) режими самовідтворюються через політичні інтереси;
- в) держава підтримує і розвиває ніші в якості паралельної стратегії;
- г) транскордонна дифузія технологій та нішеві інновації.

Деякі дослідники (Коенен, Беннепорт) [7] наголошують на важливості географії трансформацій, підкреслюючи важливість регіонального чинника розвитку трансформацій. Таким чином, вони говорять про необхідність розуміння міжнародного, транслокального характеру динаміки трансформацій. Крім того, у порівняльному аналізі ЕТ ключових країн [8] обговорюються «глобальні ЕТ», які протиставляються «крайнім шаблонам трансформацій». Вони підкреслюють, що, незважаючи на те, що причини, управління, шляхи розвитку, загрози і перспективи ЕТ значно відрізняються від країни до країни, однак основні характеристики та процеси «вражаюче схожі» у багатьох країнах. Це обумовлює протікання (плин) ЕТ, що можна позначити як *перший ключовий фактор управління ЕТ* (рис. 1).

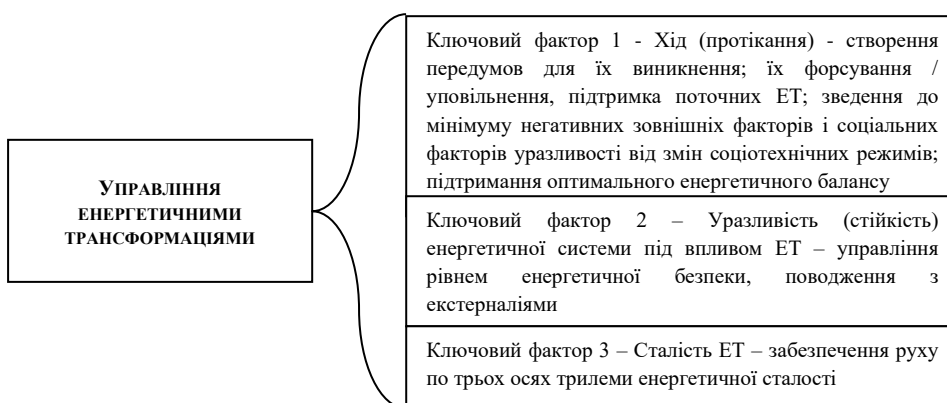


Рисунок 1 – Ключові фактори управління ЕТ (укладено автором)

Другим ключовим фактором управління ЕТ можна визначити уразливість енергетичних систем під дією зовнішніх факторів, викликана ЕТ. Уразливість – це «підданість життєво важливих енергетичних систем до ризиків» [4]. Навіть сталі трансформації часто відкладаються, сповільнюються або відкидаються, щоб уникнути негативних екстерналій, які можуть поставити під загрозу стабільність енергетичної системи. Тому розробляються спеціальні заходи політики, щоб уникнути таких негативних екстерналій ЕТ. Наприклад, в 2016 р. зростання кількості знятих з експлуатації ядерних енергоблоків, а також вугільних та газо-мазутних теплових енергоблоків електростанцій призвело до зниження наявної базової потужності в енергосистемі Франції. Для підтримки безпеки постачань енергоресурсів під час енергетичної трансформації держава змушена здійснити реформу ринку потужностей [9].

Теорія соціо-технічних трансформацій Ф. Гілса стверджує, що ЕТ є пов'язаним з енергетикою зсувом соціо-технічного режиму. Питання полягає в тому, яким чином може бути оцінене зрушення соціотехнічного режиму. Очевидно, що енергетичні системи можна якісно оцінити за кількістю показників: щільності, мобільності, екологічного впливу тощо, так само і структурою «паливної суміші» та іншими індексами [10]. Енергетична політика країни за низкою енергетичних ресурсів або технологій може визначатися динамікою набору індексів: структура виробництва електроенергії за технологією, обсяги інвестицій, обсяги субсидій, доходи за видами діяльності, обсяги субсидій, бар'єри тощо, проте це вкрай ускладнює оцінку та моделювання ЕТ.

Третім ключовим фактором управління ЕТ є те, яким чином таке управління приводить до зміни рівня енергетичної сталості або сталості ЕТ. Сталі трансформації зазвичай описуються як такі, що адаптують суспільства і економіки до сталих способів виробництва і споживання [7]. Прикладами переходу до сталості є: декарбонізація енергетичних і транспортних систем, трансформації, що стосуються біологічного

різноманіття та продовольчої безпеки, поводження з відходами або управління водними ресурсами та міського розвитку тощо.

Як приклад, розглянемо таку сталу ЕТ в енергетичному секторі України, як диверсифікація електропостачання шляхом експлуатації малих сонячних електростанцій у приватних домогосподарствах.

Хід ЕТ: стрімке зростання встановлених потужностей ВДЕ зумовлене енергетичною політикою держави із підтримки цього підсектору: історично встановленням «зелених» тарифів і гарантій щодо пріоритетної купівлі електроенергії з ВДЕ енергоринком, а також на теперішній час зі зміною схеми підтримки для електроенергії з ВДЕ, зокрема переходом від системи «зеленого» тарифу до системи аукціонів. Стагнуючими факторами була невизначеність із особливостями застосування «зеленого» тарифу для наземних СЕС, численні зміни регуляторного середовища, ретроспективне зниження коефіцієнтів «зеленого» тарифу, невизначеність термінів проведення пілотних аукціонів та відповідних квот підтримки для них, наявність заборгованості ДП «Гарантований Покупець» перед виробниками електроенергії з ВДЕ за електроенергію.

За даними Держенергоєфективності за III квартал 2020 р. майже 2 тис. домогосподарств встановили сонячні електростанції домогосподарств (СЕСд) (рис. 2).

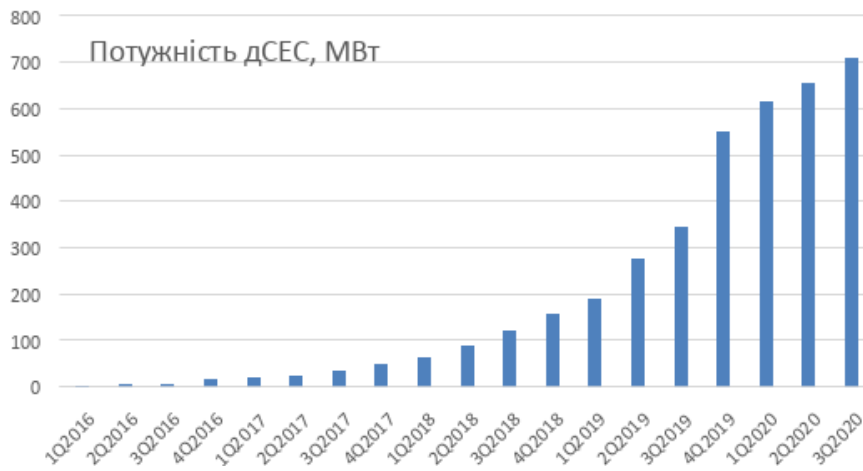


Рисунок 2 – Потужність дСЕС в Україні, МВт [11]

Це на 30% більше, ніж у попередньому кварталі цього року. Загальна потужність СЕСд, введених в експлуатацію в III кварталі 2020 р., склала 53 МВт, а інвестиції домогосподарств сягнули 40 млн євро. Сумарно станом на жовтень 2020 р. в Україні понад 27,6 тис. приватних домогосподарств, або 0,4% від загальної кількості домогосподарств, встановили сонячні електростанції загальною потужністю 712 МВт (рис. 3). У зазначені проекти українські родини інвестували 560 млн євро.

Уразливість енергетичного сектору під впливом ЕТ. Превалювання СЕС створює складнощі у балансуванні енергосистеми, оскільки наявні потужності СЕС перевищують передбачені Національним планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р., згідно з яким доцільна встановлена потужність сонячної енергетики в Україні становить близько 4 ГВт на рік, оскільки у НЕК «Укренерго» не було легальних підстав відмовляти у видачі Технічних умов у разі відсутності загрози операційній безпеці. Подальша інтеграція ВДЕ в енергосистему без створення загроз операційній і балансовій надійності об'єднаної енергосистеми України потребує збільшення встановленої потужності гнучких енергогенеруючих та електроакумулюючих технологій.

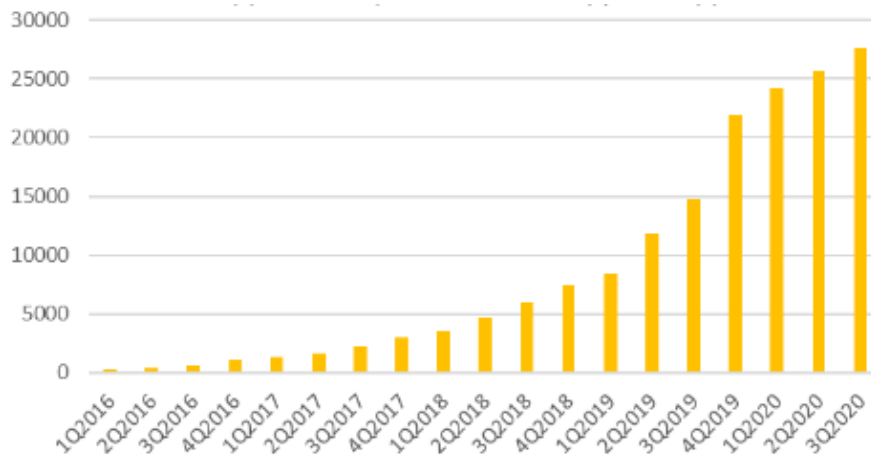


Рисунок 3 – Кількість домогосподарств, що встановили дСЕС, одиниць [11]

Сталість ЕТ. Диверсифікація локальних електробалансів за допомогою зростання самозабезпеченості споживачів електроенергією, відпуск надлишкової потужності в мережу і формування категорії просьюмерів (одночасно виробників і споживачів електроенергії), зростання частки «чистої» енергії з ВДЕ в енергобалансі країни і зменшення впливу на навколишнє середовище забезпечує рух по всіх трьох осях трилеми енергетичної сталості (енергетична безпека, доступність енергії, екологічний вплив), сприяє підвищенню рівня України у рейтингу енергетичної сталості, що, безумовно, вказує на сталість такої ЕТ.

ВИСНОВКИ

Енергетична політика з метою управління енергетичними трансформаціями формує передумови для їхнього виникнення, форсування або уповільнення, підтримує плин поточних трансформацій, мінімізує негативних зовнішніх ефекти (екстерналії) і соціальну уразливість від змін соціо-технічних режимів, а також сприяє підтриманню оптимального енергетичного балансу. Розуміння процесів управління енергетичними трансформаціями потребує аналізу ступеня уразливості енергетичних систем під їхнім впливом. Виокремлено три ключових фактори управління енергетичними трансформаціями з метою посилення рівня енергетичної сталості та забезпечення сталого розвитку економіки країни: хід (протікання) трансформацій, уразливість економічної системи під їхнім впливом та рівень сталості енергетичних трансформацій. За допомогою зазначених факторів можна забезпечити ефективність енергетичної політики з метою досягнення сталого розвитку не лише енергетичного сектора, а й економіки в цілому і формування передумов для її переходу на сталий і циркулярний тип розвитку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Steven Sorrell, Energy, Economic Growth and Environmental Sustainability: Five Propositions. Sustainability 2010, 2, 1784-1809; doi:10.3390/su2061784
2. Cleveland, C.J.; Costanza, R.; Hall, C.A.S.; Kaufmann, R.K. Energy and the US economy: A biophysical perspective. Science 1984, 225, 890-897.
3. Ayres, R.U.; Warr, B. Accounting for growth: The role of physical work. Struct. Change Econ. Dynam. 2005, 16, 181-209.
4. Cherp A., Jewell J. (2014) The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. Energy Policy, 75, 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>
5. Geels F., Schot J. (2007) Typology of Sociotechnical Transition Pathways. Research Policy, 36 (3), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>

6. Cherp A., Vinichenko V., Jewell J., Suzuki M., Antal M. (2017) Comparing Electricity Transitions: a Historical Analysis of Nuclear, Wind and Solar Power in Germany and Japan. *Energy Policy*, 101, 612–628. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.044>.
7. Coenen L., Bennenworth P., Truffer B. (2012) Toward a Spatial Perspective on Sustainability Transitions. *Research Policy*, 41 (6), 968–979. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.014>.
8. Hauff A., Bode D., Neumann F., Haslauer F. (2014) *Global Energy Transitions. A Comparative Analysis of Key Countries and Implications for the International Energy Debate*. Berlin, Weltenergieat – Deutschland, 30
9. IEA (2017), *Energy Policies of IEA Countries: France 2016 Review*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-iea-countries-france-2016-review> (дата доступу: 07.11.2020)
10. Araujo K. (2014) The Emerging Field of Energy Transitions: Progress, Challenges, and Opportunities. *Energy Research & Social Science*, 1, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.002>.
11. Держенергоефективності України. Офіційний сайт. URL: <http://saee.gov.ua/uk/news/3527> (дата доступу: 07.11.2020)

REFERENCES

1. Steven Sorrell, *Energy, Economic Growth and Environmental Sustainability: Five Propositions*. *Sustainability* 2010, 2, 1784–1809; doi:10.3390/su2061784
2. Cleveland, C.J.; Costanza, R.; Hall, C.A.S.; Kaufmann, R.K. Energy and the US economy: A biophysical perspective. *Science* 1984, 225, 890–897.
3. Ayres, R.U.; Warr, B. Accounting for growth: The role of physical work. *Struct. Change Econ. Dynam.* 2005, 16, 181–209.
4. Cherp A., Jewell J. (2014) The Concept of Energy Security: Beyond the Four As. *Energy Policy*, 75, 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>
5. Geels F., Schot J. (2007) Typology of Sociotechnical Transition Pathways. *Research Policy*, 36 (3), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
6. Cherp A., Vinichenko V., Jewell J., Suzuki M., Antal M. (2017) Comparing Electricity Transitions: a Historical Analysis of Nuclear, Wind and Solar Power in Germany and Japan. *Energy Policy*, 101, 612–628. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.10.044>.
7. Coenen L., Bennenworth P., Truffer B. (2012) Toward a Spatial Perspective on Sustainability Transitions. *Research Policy*, 41 (6), 968–979. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2012.02.014>.
8. Hauff A., Bode D., Neumann F., Haslauer F. (2014) *Global Energy Transitions. A Comparative Analysis of Key Countries and Implications for the International Energy Debate*. Berlin, Weltenergieat – Deutschland, 30
9. IEA (2017), *Energy Policies of IEA Countries: France 2016 Review*, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/energy-policies-of-iea-countries-france-2016-review> (accessed 7.11.2020)
10. Araujo K. (2014) The Emerging Field of Energy Transitions: Progress, Challenges, and Opportunities. *Energy Research & Social Science*, 1, 112–121. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2014.03.002>.
11. State Energy Efficiency Agency of Ukraine. Official cite. URL: <http://saee.gov.ua/uk/news/3527> (accessed 7.11.2020)

SUMMARY

Pysmenna U., Trypolska G., Kurbatova T., Kubatko O. Factors of sustainable energy transformations management in the Ukrainian energy sector

The article considers the preconditions for sustainable development of the energy sector from the standpoint of political and economic basis of energy transitions, actualizes and reveals the scientific problem of the impact of socio-technical transitions, in particular energy, on economic sustainability. It is determined that the task of assessing the efficiency of the energy system as a set of criteria for achieving a compromise of interests, stability and reliability of energy markets is best solved by assessing energy sustainability. Problems and ways to intensify the use of energy policy levers to promote sustainable energy transitions have been identified. It is determined that with the help of sustainable energy transitions the state is able to overcome its own inefficiency of energy conversion and consumption and to demonstrate the phenomenon of decoupling (economic growth without significant growth of energy consumption). Energy policies and strategies as means of energy transition management are considered: creation of preconditions for their occurrence; acceleration / deceleration, support of current transitions; minimization of negative external factors and social factors of vulnerability to changes in socio-technical regimes; maintaining an optimal energy balance. A deeper understanding of the process of energy transition management, vulnerability of energy systems under their influence has been achieved. Three key factors of energy transition management in order to strengthen the level of energy sustainability and ensure sustainable development of the economy: the course (flow) of transitions, the vulnerability of the economic system under their influence and the level of sustainability of energy transitions. Effective management of such transitions with the help of these factors can be a guarantee of sustainable development not only of the energy sector but also of the economy as a whole and create the conditions for its transition to a sustainable and circular type of development. The management of energy transitions in the energy sector of Ukraine is analyzed on the example of diversification of electricity supply through the operation of small solar power plants in private households.

Keywords: energy sustainability, energy transitions, renewable energy sources, vulnerability, energy policy.