



ДИНАМІКА СПОЖИВАННЯ ПЕРВИННИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ТА ВИКИДІВ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ В СВІТІ

Д.О. Єгер¹, В.П. Гришаненко², М.В. Гунда³

¹ Інститут загальної енергетики НАН України,
Київ, Україна, E-mail: d.ieger@i.ua

Доктор технічних наук, член.-кор. НАН України, головний науковий співробітник

² ТОВ «НВП «Центр нафтогазових ресурсів»,
Київ, Україна, E-mail: v.gryshanenko@cogr.com.ua

Кандидат технічних наук, директор з розвідки та розробки родовищ нафти і газу

³ Дочірнє підприємство «Науково-дослідний інститут нафтогазової промисловості»
Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України»,
Вишневе, Київська область, Україна, E-mail: m.hynda@naukanaftogaz.com.ua
Заступник директора

Наведено результати дослідження та аналіз динаміки фактичних обсягів споживання первинних енергетичних ресурсів (ПЕР), їх структуру та обсяги видобування із власних ресурсів і запасів в світі з 2007 по 2018 роки.

У 2018 році 84,6% обсягів світового споживання ПЕР складають вуглеводні, у тому числі 57,4% нафта і ПРГ, і приблизно такі співвідношення обсягів споживання вуглеводнів залишаються упродовж останніх 11 років. Аналогічні дослідження та аналіз проведено також для Європи та по окремих країнах: 1) з найбільшим ВВП (США, Китай та Японія); 2) забезпечують обсяги споживання ПЕР видобуванням із власних ресурсів (США за виключенням нафти); 3) не забезпечують обсяги споживання ПЕР видобуванням із власних ресурсів (Японія, країни Європи, Індія та Китай) та 4) мають різну структуру економіки.

Проведено дослідження динаміки обсягів викидів CO₂ по зазначених країнах та в світі в цілому на протязі 2007-2018 років. Показано, що високі темпи зростання ВДЕ не компенсують зростання викидів CO₂ і ця проблема стає актуальною, особливо, для енергетичного сектора виробництва.

Ключові слова: первинні енергетичні ресурси, паливно-енергетичний баланс, нафта, природний газ, вугілля, споживання, видобуток із власних ресурсів, відновлювальні джерела енергії, викиди, вуглекислий газ

DYNAMICS OF CONSUMPTION OF PRIMARY ENERGY RESOURCES AND CARBON EMISSIONS IN THE WORLD

Dmytro Eger¹, Volodymyr Gryshanenko², Mykola Hunda³

¹ Institute of General Energy, NAS of Ukraine,



Kyiv, Ukraine, E-mail: d.ieger@i.ua
Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member NAS of Ukraine, chief scientist

² LLC «RPC «Center of Oil and Gas Resources»,
Kyiv, Ukraine, E-mail: v.gryshanenko@cogr.com.ua
Candidate of Technical Sciences, Exploration and Production Director

³ Scientific Research «Institute of Oil and Gas Industry» of National Joint-Stock Company
«Naftogaz of Ukraine»
Vyshneve, Kyiv region, Ukraine, E-mail: m.hynda@naukanaftogaz.com.ua
Deputy of Director

Research and analysis of the dynamics of actual consumption of primary energy resources, their structure and production volumes from own resources and reserves in the world from 2007 to 2018 are presented.

In 2018 84.6% of global PER consumption is hydrocarbons, including 57.4% oil and gas, and approximately the same ratio of hydrocarbon consumption has remained over the past eleven years. Similar studies and analysis have been carried out for Europe and for individual countries: 1) which produce the largest GDP (USA, China and Japan); 2) ensure the volume of PER consumption by extraction from its own resources (the USA, excluding oil); 3) do not provide the volume of PER consumption by extraction from own resources (Japan, Europe, India and China) and 4) have a different economic structure.

Studies of the dynamics of CO₂ emissions in these countries and the world, in general, over the period 2007-2018. It is shown that the high rate of increase in the use of renewable energy sources does not compensate for the increase in CO₂ emissions, and this problem becomes relevant, especially for the energy production sector.

Keywords: primary energy resources, fuel and energy balance, oil, natural gas, coal, consumption, extraction from own resources, renewable energy sources, emissions, carbon dioxide

ДИНАМИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ПЕРВИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В МИРЕ

Д.А. Егерь¹, В.П. Гришаненко², Н.В. Гунда³

¹ *Институт общей энергетики НАН Украины,
Киев, Украина, E-mail: d.ieger@i.ua
Доктор технических наук, член.-кор. НАН Украины, главный научный сотрудник*

² *ООО «НВП «Центр нефтегазовых ресурсов»,
Киев, Украина, E-mail: v.gryshanenko@cogr.com.ua
Кандидат технических наук, директор по разведке и разработке месторождений нефти и
газа*

³ *Дочернее предприятие «Научно-исследовательский институт нефтегазовой
промышленности» Национальной акционерной компании «Нафтогаз Украины»,
Вишнёвое, Киевская область, Украина, E-mail: m.hynda@naukanaftogaz.com.ua
Заместитель директора*



Приведены результаты исследования и анализ динамики фактических объемов потребления первичных энергетических ресурсов (ПЭР), их структуру и объемы добычи из собственных ресурсов и запасов в мире с 2007 по 2018 годы.

В 2018 году 84,6% объемов мирового потребления ПЭР составляют углеводороды, в том числе 57,4% нефть и ПРГ, и приблизительно такие же соотношения объемов потребления углеводородов остается на протяжении последних одиннадцати лет. Аналогичные исследования и анализ проведены для Европы и для отдельных стран: 1) с наибольшим ВВП (США, Китай и Япония); 2) обеспечивают объемы потребления ПЭР добычей из собственных ресурсов (США за исключением нефти); 3) не обеспечивают объемы потребления ПЭР добычей из собственных ресурсов (Япония, страны Европы, Индия и Китай) и 4) имеют различную структуру экономики.

Проведены исследования динамики объемов выбросов CO₂ по указанным странам и в мире в целом на протяжении 2007-2018 годов. Показано, что высокие темпы увеличения использования ВИЭ не компенсируют увеличение выбросов CO₂ и эта проблема становится актуальной, особенно, для энергетического сектора производства.

Ключевые слова: первичные энергетические ресурсы, топливно-энергетический баланс, нефть, природный газ, уголь, потребление, добыча из собственных ресурсов, возобновляемые источники энергии, выбросы, углекислый газ

Вступ

Кожна держава або група держав мають свої програми забезпечення енергетичної незалежності, виходячи з можливостей освоєння власних первинних енергетичних ресурсів (ПЕР), використання наявної транспортної інфраструктури та розвитку інфраструктурної складової постачання енергоресурсів, потенціалів енергоефективності економіки та соціальної сфери, фінансових можливостей, декарбонізації енергетики та розвитку і ефективного використання ПЕР, диверсифікації джерел постачання, динаміки зміни цін та використання політичних важелів.

Використовуючи ті чи інші зазначені можливості забезпечення енергонезалежності за останнє десятиріччя, різні держави значно вдосконалювали енергетичну політику, що зумовило нові тенденції розвитку паливно-енергетичного комплексу світу.

Основні результати дослідження

Британська компанія British Petroleum (BP Statistical ..., 2017) анонсувала довгострокові тенденції уповільнення темпів зростання світового попиту на енергоресурси, пов'язані із змінами структури паливно-енергетичного балансу



(ПЕБ), особливо, у скороченні споживання вугілля та відчутного нарощування потужностей відновлювальних джерел енергії (ВДЕ).

Проте, вже у 2017 році за даними статистичної звітності цієї ж компанії, (BP Statistical ..., 2018) відбулося значне зростання споживання ПЕР у світі, яке склало 2,2% порівняно з 1,2% у минулому році та найвищим з 2013 роком, у тому числі найбільше підвищення споживання ПЕР відбулося у Китаї (на 31%).

У 2018 році споживання ПЕР у світі зросло ще на 2,9%, що майже удвічі перевищило середньорічне значення зростання споживання ПЕР у 1,5 % минулих 10 років. Це, у першу чергу, зумовлено зростанням споживання природного газу (ПРГ) на 195 млрд м³, або на 5,3% по відношенню до 2017 р. Це найвищий темп зростання за останні 35 років. Найбільше зростання обсягів споживання ПРГ відбулося у США, Китаї, Російській Федерації та Ірані на 78, 43, 23 та 16 млрд м³ відповідно. Причому, у 2017 році у порівнянні з 2016 роком в США відбулося скорочення споживання ПРГ на 11 млрд м³ (BP Statistical ..., 2019).

Обсяги видобування ПРГ у світі у 2018 році зросли на 190 млрд м³ або на 5,2% і воно, майже на половину, забезпечено США 86 млрд м³, Російською Федерацією, Іраном та Австралією у 34, 19, та 17 млрд м³ відповідно.

Незважаючи на зростання середньої ціни на нафту марки «Brent» з 41,59 (2017р.) до 71,31(2018 р.) дол. США за барель, споживання нафти у світі у 2018 році зросло до 4662 млн т, що склало в середньому 1,2%, і це перевищило темпи середнього зростання за останні 10 років. Причому, найбільше підвищення споживання нафти відбулося у Китаї і США 0,68 та 0,5 млн бар. на добу відповідно.

Обсяги видобування нафти в світі у порівнянні з 2017 роком зросли на 94,4 млн т, що склало 2,2% і це більш ніж удвічі перевищило середньорічне зростання обсягів видобування у 1,0% минулих 10 років. Важливо зауважити, що саме США збільшили обсяги видобування нафти на 95 млн т, до 669,4 млн т



і це найвище зростання у світі серед нафтовидобувних країн за всю історію видобування нафти.

Споживання вугілля у 2018 році збільшилося на 53,7 млн т н. е. (до 3773,5 млн т н. е.) або на 1,4 %, що вдвічі перевищує середньорічне зростання за останні 10 років. В цілому, як і у 2017 році, відбулося підвищення споживання вугілля в Індії та Китаї на 36 та 16 млн т н.е. відповідно. У той час, як споживання вугілля країнами ОЕСР впало до найнижчого рівня обсягу з 1975 року. Незважаючи на збільшення споживання вугілля у світі, його частка у споживання ПЕР знизилася з 28% у 2017 році до 27,2% та є найнижчою за останніх п'ятнадцять років.

Світове видобування вугілля зросло на 162 млн т н.е. або на 4,3%. Основний приріст видобування вугілля забезпечили Китай та Індонезія це 82 та 51 млн т н. е. відповідно.

Споживання ядерного палива у 2018 році зросло на 2,4%. Це удвічі вище від темпу зростання за 2017 рік. Таке зростання, як і у 2017 році, відбулося за рахунок Китаю і Японії (10 і 5 млн т н.е.) відповідно.

Гідроелектрогенерація у світі збільшилася на 3,1%, у тому числі Європа збільшила споживання на 9 %.

Найвищими темпами у 2018 році, як і у минулі роки, зростало споживання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) - 14,5%, що трохи нижче від приростів у 2017 році, (17%) та за останні 10 років (16,4%). Найбільше зростання відбулося у використанні енергії вітру та сонця. Китай забезпечив найбільше зростання використання ВДЕ на 32 млн т н.е., перевершивши навіть приріст споживання ПЕР у країнах ОЕСР (26 млн т н.е.).

Якщо споживання ПЕР у 2018 році в світі зросло на 2,9%, то виробництво електроенергії на 3,7%, що майже удвічі перевищує середньорічне зростання за останні 10 років . Найбільші прирости виробництва електроенергії відбулися у Китаї, Індії та США (7%, 6,2% та 3,7% відповідно). Найвищу долю у прирості



електроенергії склали ВДЕ –33,4%, вугілля – 31,3% та природний газ – 25%. При цьому частка у виробництві електроенергії ВДЕ зросла від 8,4% до 9,3%.

Незважаючи на швидке зростання ВДЕ для виробництва електроенергії, воно забезпечило лише третину збільшення попиту на електроенергію.

На рис.1 наведено баланс світового споживання ПЕР у 2018 році у відсотках (BP Statistical ..., 2019). У 2018 році 84,6% світового ПЕБ склали вуглеводні у тому числі 57,4% нафта і ПРГ. Приблизно таке співвідношення вуглеводнів спостерігалось у балансі споживання ПЕР 2007 р. та упродовж наступних десяти років. Навіть у 2008, 2009 роках у період міжнародної фінансової кризи при зменшенні у 2009 році споживання ПЕР на 2% у порівнянні з 2008 роком частка вуглеводнів у світовому ПЕБ не знизилась, а навіть незначно підвищилась.

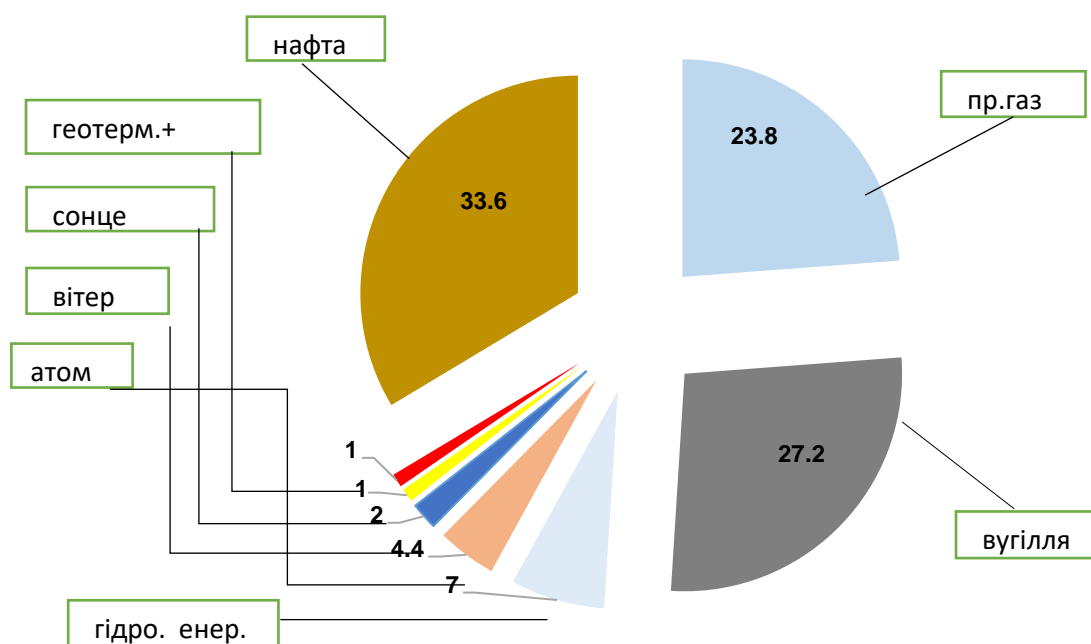


Рисунок 1. Баланс споживання ПЕР у світі за 2018 рік (%) (BP Statistical ..., 2019)

Figure 1. The balance of PER consumption in the world in 2018 y. (%) (BP Statistical ..., 2019)

Оскільки структура споживання ПЕР окремих країн значно відрізняється від світової, розглянемо ПЕБ окремих країн.



У якості країн для подальшого дослідження ПЕБ взято Європу та країни, що: 1) виробляють найбільші ВВП (США, Китай і Японія); 2) забезпечують обсяги споживання ПЕР із власних ресурсів (США); 3) не забезпечують обсяги споживання ПЕР із власних ресурсів (Японія, Індія та Китай) та 4) мають різну структуру економіки (рис. 2).

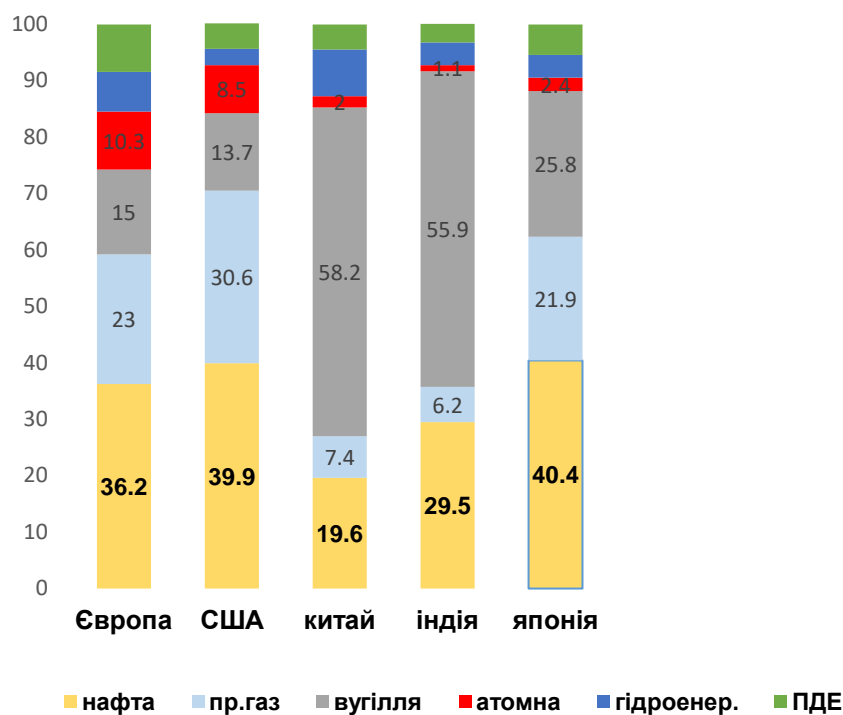


Рисунок 2. Баланс споживання ПЕР окремими країнами за 2018 р. (BP Statistical ..., 2019)

Figure 2. Balance of PER consumption by individual countries in 2018 y. (BP Statistical ..., 2019)

Очевидним є значна частка споживання нафти у Японії, США та Європі; вугілля – Китаї, Індії; ПРГ – США, Європі та Японії; атомної енергії – Європі та США; гідроенергії – Китаї, Європі, Японії та Індії; ВДЕ – Європі, Японії, США та Китаї.

Для більш глибокого розуміння політики зазначених держав у забезпеченні їх енергонезалежності та декарбонізації економіки також розглянемо динаміку споживання ПЕР (рис. 3) та структуру і забезпечення ПЕБ із власних ресурсів (табл.1) у продовж останніх одинадцяти років.

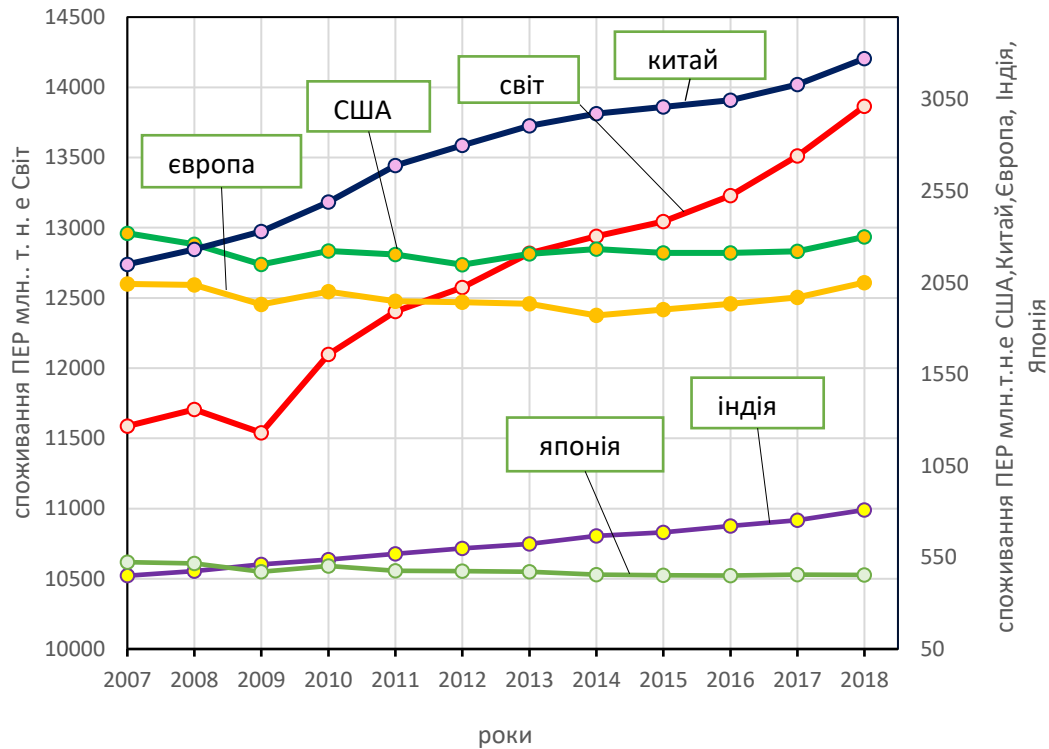


Рисунок 3. Динаміка споживання ПЕР у світі та по окремих країнах (BP Statistical ..., 2019)

Figure 3. Dynamics of PER consumption in the world and in individual countries (BP Statistical ..., 2019)

Динаміка споживання ПЕР у світі чітко визначається зростанням споживання ПЕР з 2007 по 2018 роки із 11588 до 13865 млн т н.е.

При цьому США та Японія зменшили обсяги споживання ПЕР у 2018 році порівняно з 2007 роком, а Китай і Індія наростили. Також відбулося значне зниження споживання ПЕР у 2009 році, в цілому у світі, США, Європі та Японії, за виключенням Індії та незначного зниження обсягів споживання ПЕР Китаєм. Очевидно це пов'язано із світовою фінансовою кризою, яка призвела до зниження темпів зростання світового ВВП з 4,3 % у 2007 році до 1,8 % та 1,7 % у 2008 та 2009 роках відповідно. Але відновлення обсягів споживання ПЕР у світі вже у 2010 році (збільшення на 4,7%) вказує на не тривалий вплив світової фінансової кризи на спад економіки.



Таблиця 1. Структура споживання ПЕР по окремих країнах світу (млн т н. е)
(BP Statistical ..., 2019)

Table 1. The structure of PER consumption in individual countries (million toe)
(BP Statistical ..., 2019)

ПЕР		млн т н.е.	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
КИТАЙ	ПГ*	**С	61	70	78	94	116	130	148	162	167	180	207	243	
		ВР	60	70	74	83	91	96	105	113	117	118	128	139	
	В	С	1583	1609	1686	1749	1904	1928	1969	1954	1954	1914	1889	1890	1907
		ВР	1439	1491	1538	1665	1852	1873	1894	1864	1826	1691	1747	1829	
	Н	С	378	385	401	455	472	495	517	539	573	587	611	641	
		ВР	186	190	189	203	203	207	210	211	214	200	191	189	
	АЕ	С	14	15	16	17	19	22	25	30	39	48	56	67	
ГЕ	С	110	144	139	161	156	195	206	238	252	261	264	272		
ВДЕ	С	4	6	11	16	23	29	42	51	64	82	111	143		
ІНДІЯ	ПГ	С	33	34	42	51	52	48	42	42	41	44	46	50	
		ВР	25	25	31	41	37	32	27	25	24	23	24	24	
	В	С	240	259	281	290	305	330	352	387	395	400	416	452	
		ВР	210	227	246	252	251	255	256	269	281	284	287	308	
	Н	С	141	149	157	161	168	178	179	185	200	219	227	239	
		ВР	37	38	38	41	43	42	42	42	41	40	40	39	
	АЕ	С	4	3	4	5	7	7	7	8	9	9	8	9	
ГЕ	С	28	26	24	25	30	26	30	31	30	29	31	32		
ВДЕ	С	3	5	6	8	9	11	13	14	15	18	22	27		
США	ПГ	С	536	541	531	557	566	592	608	621	639	644	636	703	
		ВР	452	469	479	494	531	588	564	606	636	625	641	715	
	В	С	545	536	471	499	471	416	432	431	372	341	331	317	
		ВР	541	567	514	524	528	492	476	482	427	348	371	364	
	Н	С	968	903	861	877	862	844	860	866	884	893	902	920	
		ВР	306	302	322	333	345	394	447	523	567	542	574	669	
	АЕ	С	192	192	190	192	188	183	188	190	190	192	192	192	
ГЕ	С	55	57	61	58	71	62	60	58	56	60	67	65		
ВДЕ	С	25	30	34	39	46	52	60	67	71	83	94	104		
ЄВРОПА	ПГ	С	474	484	496	535	499	486	477	430	437	462	482	472	
		ВР	247	276	261	267	245	248	241	230	225	224	226	215	
	В	С	373	381	350	366	382	390	378	354	339	327	315	307	
		ВР	217	245	231	229	237	237	224	205	187	179	173	170	
	Н	С	805	817	780	771	751	727	713	700	716	733	746	742	
		ВР	236	229	216	200	182	168	159	160	166	168	165	163	
	АЕ	С	218	239	227	233	232	226	223	225	219	213	212	212	
ГЕ	С	126	134	133	147	130	142	150	146	144	147	132	145		
ВДЕ	С	47	54	61	71	86	101	115	124	141	144	162	172		
ЯПОНІЯ	ПГ	С	82	85	79	86	96	106	106	107	102	100	101	99	
		ВР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	В	С	117	120	102	116	110	116	121	119	119	119	120	117	
		ВР	0.8	0.7	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.8	0.6	
	Н	С	239	232	208	210	211	225	215	204	196	191	188	182	
		ВР	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	АЕ	С	63	57	62	66	37	4	3		1	4	7	11	
ГЕ	С	17	17	16	20	18	17	18	18	19	18	18	18		
ВДЕ	С	6	6	6	7	7	8	9	12	15	19	22	25		

*ПГ – природний газ, В – вугілля, Н- нафта, АЕ – атомна енергія, ГЕ –гідроенергія, ВДЕ- відновлювані джерела енергії.

**С – обсяги споживання ПЕР, ВР - обсяги видобування із власних ресурсів.



Китай з 2009 року став світовим лідером збільшення споживання ПЕР і за останні 11 років воно зросло більше як у 1,5 рази (від 2150 до 3273 млн т н.е.). У ПЕБ Китаю 2007 року частка вуглеводнів складала 94 %, у тому числі, нафти, ПРГ та вугілля 17,3 4,7 та 72 % відповідно, а у 2018 році частка споживання вуглеводнів зменшилася до 85,2 %, у тому числі частка нафти та ПРГ зросли до 19,6 та 7,4 % відповідно, а вугілля знизилась до 58,2 %.

Споживання атомної енергії у Китаї зросло у 4,5 рази, гідроенергії у 2,8 рази, а ВДЕ від 4 до 143 млн т н.е. (36 разів). Забезпеченість власними вуглеводневими ПЕР з 2007 року скоротилась із 83 до 77 відсотків, у тому числі по нафті з 49% до 29 %, ПРГ з 98% до 57 %, а по вугіллю зросла від 91% до 96 %. Видобуток ПРГ із власних доведених запасів збільшився у 2,3 рази і склав 57% від обсягів споживання. Імпорт трубопровідним транспортом склав 47,9 млрд м³ з 4 країн, а зрідженого природного газу - 73,5 млрд м³ з 19 країн. Нафтою власного видобування Китай забезпечує споживання на 29 %, а вугіллям на 96 %. Тому для підвищення енергобезпеки Китай постійно нарощує доведені запаси вугілля, ПРГ та нафти та нарощує їх видобування, розвиває диверсифікацією джерел і маршрутів їх постачання та високими темпами нарощує обсяги ВДЕ.

Індія, як і Китай, але значно нижчими темпами також постійно збільшувала обсяги споживання ПЕР із 2007 до 2018 року, від 450 до 809,2 млн т н.е. У ПЕБ 2018 р. Індії доля вуглеводнів складала 91,6%, у тому числі нафти, ПРГ і вугілля 29,5%, 6,2%, 55,9 % відповідно. Зазначимо що, якщо доля нафти і ПРГ структурі ПЕБ 2018 року, практично не змінилась з 2007 року, то доля вугілля зросла з 53% до 55,9 %. За останні одинадцять років Індія також збільшила використання атомної енергії у 2,3, ВДЕ – 9 та гідроенергії в 1,1 рази.

Забезпеченість власними ПЕР у 2007 році складала 68 %, у тому числі вуглеводнів на 60 %, а у 2018 році знизилась до 55% та 51 %, відповідно. У 2007 році обсягами власного видобування нафти, ПРГ та вугілля було забезпечено попит на 26%, 76% та 87,5 %, відповідно, а у 2018 році знизилась до 16,3%, 48% та 68 % відповідно. Основними напрямками підвищення



енергобезпеки Індії, у частині обсягів споживання вуглеводнів, зводяться до стабілізації обсягів їх видобування із власних ресурсів, надійною диверсифікацією джерел і маршрутів їх постачання, ефективним їх використанням та збільшенням обсягів споживання ВДЕ.

США є другим найбільшим світовим споживачем ПЕР і упродовж останніх одинадцяти років, на відміну від Китаю, знизили обсяги споживання від 2320 до 2300,6 млн т н.е. Найнижчих рівнів споживання ПЕР сягало у 2009 та 2012 роках у 2149 та 2148 млн т н.е. При цьому споживання вуглеводнів скоротилось з 2049 до 1940 млн т н. е., у тому числі, споживання вугілля значно зменшилося від 545 до 317 млн т н.е. та незначно зменшилося споживання нафти на 48 млн т н. е. Проте, значно зросло споживання ПРГ. Воно збільшилося від 536 до 703 млн т н. е. Споживання атомної енергії упродовж усього одинадцятилітнього періоду залишалось на рівні 192, 183,2 та 192,2 млн т н. е. у 2007, 2012 та 2018 роках відповідно, а споживання ВДЕ і гідроенергії зросло у 4,2 та 1,2 рази відповідно. Важливо також зауважити, що обсяги видобування нафти і ПРГ з 2007р. збільшилися у 2,2 та 1,6 рази, відповідно і це за рахунок освоєння важковидобувних ресурсів щільних і сланцевих порід, так званих «сланцевої нафти та природного газу» (BP Statistical ..., 2014). Забезпеченість США власними ПЕР у 2007 р. була на рівні 68 % у тому числі, вуглеводнями 56 %. Забезпечення власними обсягами нафти, ПРГ та вугілля 32%, 84% та 99 % відповідно. У 2018 році забезпеченість власними обсягами видобування нафти, ПРГ і вугілля збільшились до 73%, 102% та 115 % відповідно. Можна лише зауважити, що з 2016 по 2018 роки США збільшило експорт ЗПГ з 4,3 до 28,4 млрд м³.

Стосовно політики США щодо забезпечення енергетичної безпеки в частині використання ПРГ немає потреби зупинятися, бо вона достатньо викладена в роботі (Єгер, Лещенко, 2018).



У Європі*, незважаючи на щорічне скорочення споживання ПЕР з 2008 по 2014 роки та зростання з 2014 по 2018 роки, споживання ПЕР, в цілому, з 2007 по 2018 роки незначно зросло від 2043 млн т н.е. до 2050,7 млн т н.е. У 2007 році частка вуглеводнів у ПЕБ складала 81 %, у тому числі нафти, ПРГ та вугілля 39%, 23% та 18 % відповідно, а до 2018 року їх частка, в цілому, знизилася до 74 %. При цьому відбулося значне зниження споживання нафти та вугілля до 36% та 15 % відповідно. Споживання ПРГ залишилося практично на тому самому рівні (23 %). Також з 2010 року постійно знижувалося споживання атомної енергії та у 2018 році сягнуло 212 млн т н. е. проти 233 млн т н. е. у 2010 .

Споживання ВДЕ за 11 років зросло у 3,6 разів з 47 до 172 млн т н. е. і перевищило споживання гідроенергії та наблизилось до обсягів споживання атомної енергії.

У 2007 році Європа забезпечувала обсяги споживання нафти, ПРГ та вугілля із власних ресурсів на рівні 29%, 52% та 58 % відповідно.

До 2018 року забезпеченість власними обсягами видобування нафти, ПРГ і вугілля зменшилися до 22%, 45% та 55 % відповідно. По-перше, це пояснюється виснаженістю власних доведених запасів нафти, ПРГ і вугілля. Забезпечення енергобезпеки Європа бачить, у першу чергу, за рахунок значного нарощування обсягів ВДЕ, широкого впровадження енергоощадних техніки і технологій та подальшого розвитку транспортної інфраструктури, у тому числі і для ЗПГ.

Японія, створюючи третій за величиною ВВП у світі, має найменші з розглянутих країн обсяги споживання ПЕР. Окрім того, Японія впродовж останніх 11 років, за виключенням 2010 року, постійно знижує обсяги споживання ПЕР і у 2018 році, у порівнянні з 2007, скоротила споживання ПЕР від 524 до 454 млн т н. е. У 2007 р. частка споживання вуглеводнів у ПЕБ Японії складала 83 %, у тому числі: нафти, ПРГ та вугілля 46%, 16% та 22 % відповідно.

* Більш розширену та деталізовану інформацію по окремих європейських країнах стосовно обсягів споживання та видобування ПЕР, їх структури, викидів вуглекислого газу та інших парникових газів, використання енергоефективної техніки і технологій, ВДЕ та законодавчих і мотиваційних заходів можна отримати на сайті Євростату (Eurostat ..., 2019)



До 2018 року частка вуглеводнів у ПЕБ зросла до 88 %, у тому числі, частка ПРГ та вугілля зросли до 22% та 26 % відповідно, а нафти знизилася до 40 %. Збільшення частки вуглеводнів у ПЕБ Японії з 2007 по 2018 роки з 83% до 88 %, у тому числі ПРГ і вугілля, швидше за все, зумовлено аварією на атомній електростанції «Фокусіма-1», яка призвела до зниження споживання у ПЕБ атомної енергії від 63 до 11,1 млн т н. е. з 2007 по 2018 роки. Споживання ВДЕ за останні 11 років у Японії зросло у 3,8 разів з 6 до 25 млн т н. е., а з 2016 року перевищило споживання гідро- та атомної енергії. При цьому у Японії з власних ресурсів не видобувається а ні нафта, а ні ПРГ. Вугілля упродовж останніх 11 років видобувається на рівні 0,8 млн т н. е., а споживається 118-120 млн т н. е. Японія імпортує нафту і нафтопродукти, ПРГ і вугілля з 19, 18 та 14 країн, відповідно і не має особливих проблем з енергетичною безпекою. Проте, зменшення споживання вуглеводнів у ПЕБ відбувається за рахунок широкого впровадження енергоощадних техніки і процесів та значного нарощування обсягів ВДЕ.

Важлива проблема пов'язана із збільшенням споживання ПЕР.

Це збільшення викидів парникових газів. Згідно з Додатком А до Кіотського протоколу, визначено шість основних парникових газів, які найбільше впливають на парниковий ефект. Це – діоксид вуглецю (CO_2), метан (CH_4), закис азоту (N_2O), гідрофторвуглецеві сполуки, перфторвуглецеві сполуки та гексафторид сірки (SF_6).

Найвагомим парниковим газом є діоксид вуглецю. Його частка протягом 1990 - 2018 років постійно зростала і становила 65-76%. Частка метану коливалася у межах 21-33 % , а закису азоту – 6-8 %. Тому розглянемо динаміку зростання викидів CO_2 упродовж останніх 11 років, яка практично повторює динаміку зростання споживання ПЕР. На рис. 4, за даними ВР (ВР Statistical..., 2017, 2018), приведено динаміку зміни викидів CO_2 по окремих країнах і світі в цілому за останні 11 років.



Незважаючи на значне використання ВДЕ, яке зросло у 58 разів, воно разом з гідро- та атомною енергією не компенсували зростання викидів CO₂, які у 2018 році склали 33890,8 млн т і порівняно з 2017 роком зросли на 2 % при середньому зростанні у 1,0 % за останні десять років. При цьому, споживання ПЕР у 2018 році зросло на 2,9 %. Тобто темпи зростання викидів CO₂ нижчі від темпів зростання споживання ПЕР.

З 2009 р. саме Китай є найбільшим споживачем ПЕР у світі і за останні 11 років постійно нарощує їх споживання найвищими темпами. Отже, очевидним є і найбільші викиди CO₂. У 2018 році зростання обсягів використання ПЕР збільшилось на 4,4 %, що майже у два рази вище за середньосвітові, а збільшення викидів CO₂ зросло лише на 2,2 % , що лише на 0,2 % вище за світові. Також динаміка зростання викидів CO₂ упродовж 2007-2013 та 2016-2018 років практично повторює динаміку зростання споживання ПЕР. А з 2013 по 2016 роки, незважаючи на зростання споживання ПЕР, викиди CO₂ навіть знижувалися.

Індія, як і Китай упродовж останніх 11 років постійно збільшувала обсяги споживання ПЕР, які зросли у 1,8 рази і, відповідно у 1,8 рази збільшилися викиди CO₂.

Зниження викидів CO₂ у 2014-2016 роках та менші темпи зростання ніж зростання споживання ПЕР у 2018 році можна пояснити компенсацією приростів споживання ПЕР за рахунок збільшення споживання ВДЕ разом з гідро- та атомною енергією (табл. 1, рис. 3,4). Разом з тим необхідно зауважити, що із розглянутих країн Китай за 11 років збільшив використання ВДЕ у 41 раз і це найвищі темпи приросту у світі.

У 2018 р. Індія збільшила споживання ПЕР на 6,6 %, що призвело до зростання викидів CO₂ на 6,8 %. Практично відслідковується пряма кореляція між обсягами споживання ПЕР і обсягами викидів CO₂. У першу чергу це пов'язано із зростанням використання вугілля у 1,9 разів, а нафти та ПРГ – 1,7 та 1,5 відповідно.

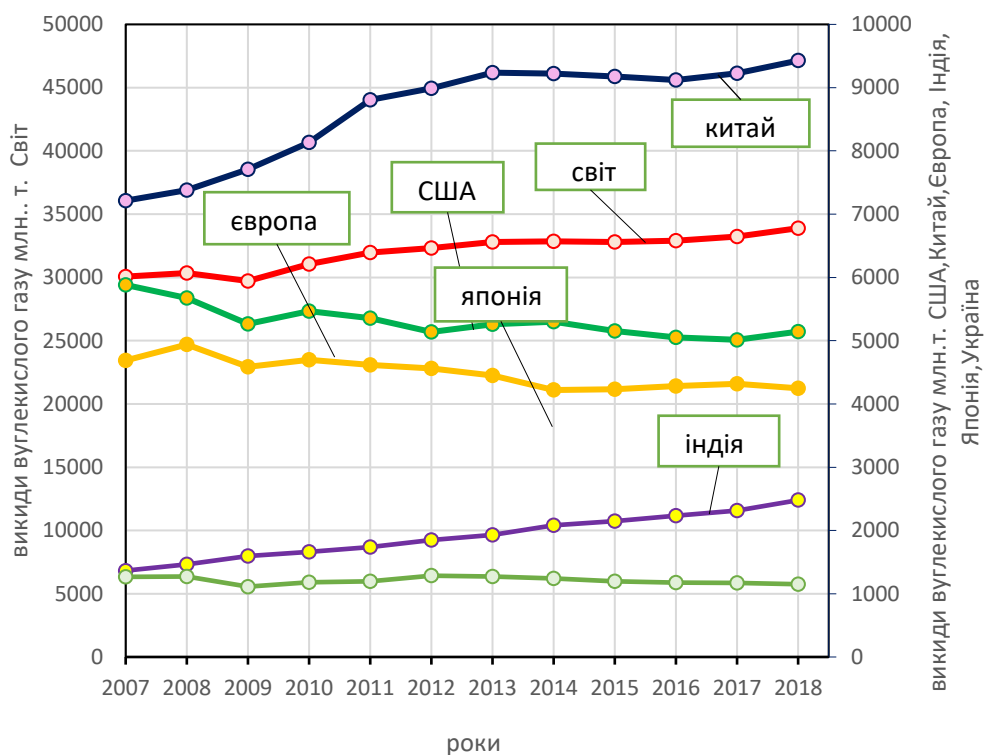


Рисунок 4. Динаміка викидів вуглекислого газу по окремих країнах та у світі в цілому

Figure 4. Dynamics of carbon dioxide emissions in individual countries and in the world

І хоча використання ВДЕ зросло у 9 разів, його доля у ПЕБ склала у 2018 році 3,3% і тому значно не впливає на скорочення викидів CO₂.

США після Китаю є другою країною у світі за величиною викидів CO₂. Але динаміка викидів CO₂ упродовж 2007-2018 років підтверджує практично постійне скорочення викидів CO₂ із 5881 до 5145 млн т. При скороченні споживання ПЕР у зазначений термін на 1%, скорочення викидів CO₂ склало 12,6 %.

Максимальне зниження викидів CO₂ у 2009 та 2012 роках очевидно пов'язане з мінімальними обсягами споживання ПЕР цими роками. Зниження викидів CO₂ упродовж 2014-2017 років на 5,4 %, при незмінних обсягах споживання ПЕР, забезпечувалось значним, щорічним скороченням



споживання вугілля від 430,9 до 331,3 млн т н. е. та широким впровадженням енергоощадних процесів, зростанням обсягів ВДЕ і технологій CCS, EOR BECCS, CCGT (20 years ..., 2016; Can CO₂ ..., 2019). Зазначені заходи щодо скорочення викидів CO₂ дозволили США у 2018 році збільшити обсяги викидів CO₂ лише на 2,6 % при збільшенні обсягів споживання ПЕР на 3,4 %.

На рис. 5 приведено динаміку викидів CO₂ у США кінцевими споживачами енергоресурсів, які у 2018 році зросли по усіх основних секторах (U.S. Energy-Related ..., 2018). Викиди транспортного, житлового та комерційного секторів у США зросли з 2007 до 2018 року з 34 % до 36 % і складають найбільшу частку у загальному обсязі викидів CO₂. Важливо зауважити різке скорочення викидів CO₂ зазначеними секторами упродовж 2007-2012 років (на 245 млн т) та постійне зростання упродовж 2013-2018 років (на 143 млн т). Така динаміка визначалася, в цілому, розвитком економіки та певною помірністю цін на паливо.

Промисловий сектор США є другий за величиною обсягів викидів CO₂. На його долю припадає 27 % від загального обсягу викидів зазначених секторів. Динаміка викидів CO₂ промисловим сектором показує постійне зниження викидів з аномалією різкого зниження у 2009 році, яка очевидно викликана світовою фінансовою кризою.

З 2010 по 2014 рр. промисловий сектор, навіть при зростанні економіки, забезпечував стабільні викиди CO₂, а з 2014 по 2017 роки відбувалося навіть зниження обсягів викидів. І лише значне збільшення розвитку економіки у 2018 році призвело до збільшення на 1,8 % викидів CO₂ промисловим сектором. При цьому в цілому у США обсяги викидів CO₂ у 2018 році збільшились на 2,6%.

Динаміка викидів CO₂ житлового та комерційного секторів з 2007 року практично повторюється і у 2018 році (зростання викидів на 95 млн т), що здебільшого пояснюється наслідком більш холоднішої зимової та теплої літньої погоди протягом 2018 року порівняно з 2017. Викиди в житловому секторі США більш чутливі до змін погоди і вони зросли на 7,4 %, тоді як викиди комерційного сектору на 2,8 %.

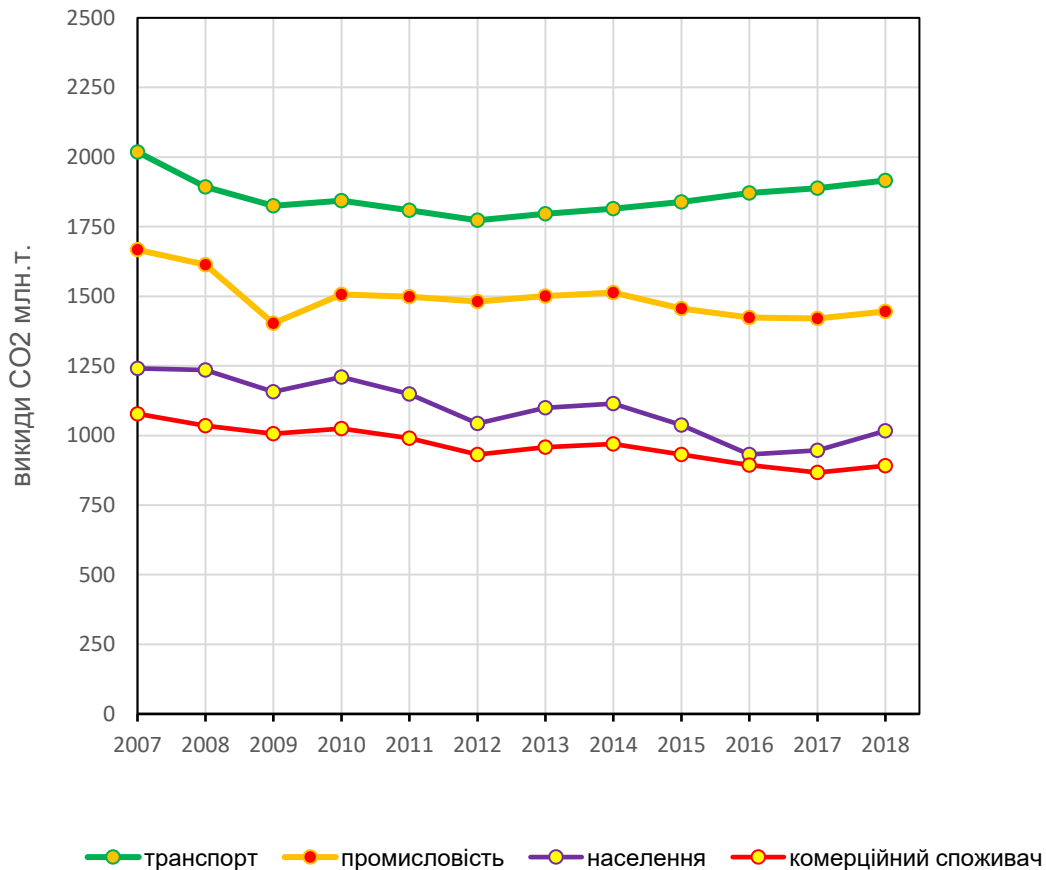


Рисунок 5. Динаміка викидів CO₂ по основних секторах споживання енергії США

Figure 5. Dynamics of CO₂ emissions by major sectors of USA energy consumption

Європа упродовж 2008-2018 років з різними темпами, але постійно знижувала викиди CO₂ з 4939 до 4248,4 млн т, незважаючи на зростання споживання ПЕР з 2014 по 2017 роки у середньому на 1,6 % та на 4 % у 2018 р. Зафіксовано зниження обсягів викидів CO₂ на 1,6 %. Таких показників Європа досягає зміною структури споживання ПЕР (щорічного зменшення споживання вугілля та підвищення споживання ВДЕ), довготривалою комплексною роботою з впровадження енергоощадних техніки і технологій та широкого використання технологій CCS, BECCS, EOR, CCGT.

Японія, яка забезпечує обсяги споживання ПЕР із власних ресурсів лише на 12 %, постійно знижувала викиди CO₂ з 2007 по 2011 роки у середньому на 1,5 %. У 2012 році Японія збільшила викиди CO₂ на 7 %, що викликано



зменшенням використання атомної енергії на 89 % та збільшення використання вугілля і ПРГ на 5,2% і 9,5 % відповідно. Ця зміна у структурі використанні ПЕР викликана аварією на АЕС «Фокусіма-1». Але, починаючи з 2012 року, постійно знижує обсяги викидів CO₂ у середньому на 1,8 % на рік.

У 2018 році електроенергетичний сектор спожив близько половини обсягів приросту ПЕР і призвів до відповідного зростання викидів CO₂ у світі. У табл. 2 наведено структуру ПЕР для електрогенерації за 2018 рік по країнах, що розглядаються, та в світі в цілому.

Таблиця 2. Виробництво електричної енергії із ПЕР по країнах, що розглядаються, та в світі в цілому (ТВт- годин)

Table 2. Production of electricity from energy resources by countries and in the world (TWh)

Ресурси	Китай		Індія		США		Європа		Японія		Світ	
	2018	+ - %	2018	+ - %	2018	+ - %	2018	+ - %	2018	+ - %	2018	+ - %
Нафта	11	0	11	0	26	+13	56	- 10	60	-9	803	-2
ПРГ	224	+9	74	+1	1578	+12	731	- 7	387	-4	6183	+4
Вугілля	4732	+6	1174	+5	1246	-5	863	- 3	347	-4	10100	+3

Якщо розглянути співвідношення між природним газом і вугіллям, яке формує найбільшу частку викидів CO₂ і парникових газів в цілому, то стає очевидним, чому Китай і Індія забезпечують найвищі обсяги викидів CO₂ і вугілля у 1,26, 0,85 1,12 рази відповідно, що майже у два рази вище середньосвітових.

Так, співвідношення ПРГ і вугілля у Китаї складає 0,05, а Індії – 0,06, що майже у 10 разів нижчі за середньосвітові. США, Європа та Японія із співвідношенням ПРГ (0,61) і формують найменші викиди CO₂. При цьому також слід зазначити, що у 2018 році США, Європа та Японія зменшили споживання вугілля для електрогенерації на 5%, 3% та 4 % відповідно, у той час, як Китай і Індія збільшили на 6% і 5 % відповідно при середньому зростанні у світі на 3 %.

Висновки

1. Зростання споживання ПЕР у світі за останні 11 років зумовлено ,у першу чергу, зростанням ВВП. При чому, зростання ВВП у 2,5 % і більше призводить до збільшення темпів зростання обсягів споживання ПЕР (2010-2012 та 2015-2018 рр.). Збільшення темпів обсягів споживання ПЕР у 2016-2018 рр. також частково викликало значне скорочення цін на вуглеводневу сировину.
2. Країни, які не покривають обсяги споживання ПЕР обсягами видобування із власних ресурсів, найвищими темпами нарощують ВДЕ, а викиди CO₂ зростають меншими темпами ніж обсяги споживання ПЕР. Це група європейських країн та Японія.

США при забезпеченні обсягів споживання ПЕРГ видобуванням із власних ресурсів з 2016 року постійно збільшували його долю у виробництві електроенергії та зменшили долю вугілля, що дозволило у 2018 році при збільшенні обсягів використання ПЕР на 3,4 % збільшити викиди CO₂ лише на 2,6 %.

3. Декарбонізація енергетичного сектору при зростанні попиту на електроенергію, що зростає вищими темпами ніж на ПЕР та зростанням використання вугілля у країнах із значним споживанням електроенергії, особливо країнах, що розвиваються, стає важливим викликом перед глобальною енергетичною системою у наступні десятиліття. А скорочення викидів CO₂ має стати основним мотивом для переходу на низьковуглецеві технології.
4. Більш ніж очевидно, що навіть високі темпи зростання ВДЕ не зможуть компенсувати зростання викидів CO₂. Тому, актуальним постає питання необхідності більш широкого використання енергоощадної техніки і технологій та технологій утилізації, використання і зберігання CO₂ (CCS, BECCS, EOR, CCGT та ін.).

Список літератури:

1. Єгер Д.О., Лещенко І.Ч. Досвід розвитку газовидобувної галузі США / Д.О. Єгер, І.Ч. Лещенко // Проблеми загальної енергетики. – №3. – 2018. – С. 23-30.
2. BP Statistical Review of World Energy June 2017. Електронний ресурс. – Режим доступу: large.stanford.edu/courses/2018/ph241/kuet2/docs/bp-2017.pdf
3. BP Statistical Review of World Energy June 2018. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
4. BP Statistical Review of World Energy 2019. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
5. Eurostat > Energy > Data > SHARES (Renewables) 2019. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
6. Can CO₂-EOR really provide carbon-negative oil? Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/april/can-co2-eor-really-provide-carbon-negative-oil.html>
7. U.S. Energy-Related Carbon Dioxide Emissions, 2018. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://www.eia.gov/environment/emissions/carbon/>
8. 20 years of carbon capture and storage. 2016. Електронний ресурс. – Режим доступу: <https://webstore.iea.org/20-years-of-carbon-capture-and-storage>

References

1. Eger D.O., Leshchenko I.S. 2018. Experience in the development of the USA gas industry. Problems of general energy. #3. P. 23-30. (in Ukrainian)
2. BP Statistical Review of World Energy June 2017. Electronic resource. Access mode: large.stanford.edu/courses/2018/ph241/kuet2/docs/bp-2017.pdf
3. BP Statistical Review of World Energy June 2018. Electronic resource. Access mode: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf>
4. BP Statistical Review of World Energy 2019. Electronic resource. Access mode: <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
5. Eurostat > Energy > Data > SHARES (Renewables) 2019. Electronic resource. Access mode <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
6. Can CO₂-EOR really provide carbon-negative oil? Electronic resource. Access mode: <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/april/can-co2-eor-really-provide-carbon-negative-oil.html>
7. U.S. Energy-Related Carbon Dioxide Emissions. 2018. Electronic resource. Access mode: <https://www.eia.gov/environment/emissions/carbon/>
8. 20 years of carbon capture and storage. 2016. Electronic resource. Access mode: <https://webstore.iea.org/20-years-of-carbon-capture-and-storage>

Стаття надійшла 14.05.20