

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

Кафедра прикладної екології та природокористування

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК
ІЗ ДИСЦИПЛІНИ «ГЕОГРАФІЯ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСІВ
ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка освітньо-професійної програми «Відновлювана
електроенергетика та енергопостачання електричного транспорту»

Полтава

2023

УДК 502.5:620.91

Рецензенти:

Завідувач кафедри цивільної безпеки, охорони праці, геодезії та землеустрою Кременчуцького Національного університету ім. Михайла Остроградського, доктор технічних наук, професор Сукач С.В.

Доцент кафедри прикладної екології та природокористування НУПП імені Юрія Кондратюка, кандидат біологічних наук, доцент Смоляр Н.О.

Рекомендовано до друку
науково-методичною радою
Національного університету «Полтавська
політехніка імені Юрія Кондратюка»
Протокол № 1 від 05.10.2023 р.

Бредун В.І. Навчальний посібник із дисципліни «Географія застосування ресурсів відновлювальної електроенергетики, екологія й охорона навколишнього середовища» для студентів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньо-професійною програмою «Відновлювана електроенергетика та енергопостачання електричного транспорту».- Полтава: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2023. – 134 с.

У посібнику подано загально-екологічні закономірності існування геосферних оболонок Землі, види та наслідки техногенних впливів на них. Зазначаються екологічні проблеми енергетичної галузі та шляхи їх вирішення. Надано осучаснені показники енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії (сонячна енергія, енергія вітру, енергія річок та геотермальна енергія, енергія біомаси, а також енергія водню) та його розподіл на території України. Висвітлено шляхи вирішення проблем відновлюваної енергетики.

Основною метою курсу є засвоєння студентами основних принципів екологізації енергетичної галузі за рахунок використання відновлюваних джерел енергії на основі розподілу відновлюваних енергоресурсів по території України.

Навчальний посібник призначено для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньо-професійної програми «Відновлювана електроенергетика та енергопостачання електричного транспорту» денної форми навчання освітнього ступеня «бакалавр».

Посібник складено за матеріалами джерел [1-4].

© Бредун В.І., 2023

ЗМІСТ

Тема 1. Предмет та завдання екології.....	6
1.1. Предмет сучасної екології.....	6
1.2. Макроекологія та її структура.....	8
1.3. Глобальні проблеми та завдання.....	11
1.4. Системні закони макроекології.....	13
1.5. Основні екологічні терміни та поняття.....	14
Тема 2. Природокористування та його природно-наукові основи.....	19
2.1. Природокористування. Раціональне та нераціональне природокористування.....	19
2.2. Класифікація природних ресурсів.....	21
2.3. Антропогенний вплив на довкілля. Забруднення та його види.....	22
Тема 3. Середовище існування. Біосфера.....	24
3.1. Поняття про середовище існування, природне середовище та географічну оболонку.....	24
3.2. Антропогенне навантаження.....	25
3.3. Біосфера. Особливості біосфери.....	26
3.4. Екосистеми та їх стійкість.....	28
3.5. Біологічні ресурси.....	29
3.6. Охорона рослинного і тваринного світу. Червона книга. Заповідна справа.....	32
Тема 4. Атмосфера. Гідросфера. Літосфера.....	34
4.1. Атмосфера.....	34
4.2. Джерела та наслідки забруднення повітря.....	35
4.3. Заходи боротьби із забрудненням повітря.....	38
4.4. Значення гідросфери. Екологічні функції води.....	39
4.5. Джерела забруднення гідросфери.....	41
4.6. Самоочищення води. Очищення стічних вод.....	42
4.7. Літосфера, її склад. Поняття ґрунту та ґрунтових ресурсів.....	44

4.8. Вплив діяльності людини на ґрунт.....	45
4.9. Охорона ґрунтових ресурсів.....	46
4.10. Захист надр та земної поверхні.....	47
4.11. Рекультивація земель нафтових родовищ. Фітомеліорація забруднених ґрунтів нафтових родовищ.....	48
Тема 5. Екологічні проблеми енергетичної галузі.....	50
5.1. Загальні екологічні проблеми традиційної енергетики.....	50
5.2. Механізми впливу енергетичної галузі на навколишнє середовище	52
5.3. Основні напрями екологізації енергетичної галузі.....	54
Тема 6. Потенціал сонячної енергії та енергії вітру.....	59
6.1. Структура джерел відновлювальної енергетики.	59
6.2. Потенціал сонячної енергетики.....	69
6.3. Потенціал вітрової енергетики.	74
Тема 7. Потенціал гідроенергетики та геотермальної енергетики.....	78
7.1. Річки України. Об'єкти гідроенергетики на великих річках.....	78
7.2. Потенціал малих річок України.....	79
7.3. Структура геотермальних ресурсів України. Енергетичний потенціал геотермальних джерел.....	84
Тема 8. Потенціал енергії біомаси та зеленого водню.....	95
8.1. Енергетичний потенціал твердої біомаси.....	95
8.2. Енергетичний потенціал біогазу.....	98
8.3. Енергетичний потенціал рідкого біопалива.....	100
8.4. Екологічні аспекти використання біомаси як палива.....	101
8.5. Енергетичний потенціал зеленого водню.....	103
Тема 9. Геоінформаційна основа аналізу застосування ресурсів альтернативної енергетики.....	106
9.1. Структура геоінформаційного програмного забезпечення.....	106

9.2. Застосування геоінформаційних технологій для оптимізації просторового аналізу ресурсного забезпечення альтернативної енергетики.....	107
9.3. Особливості інформаційного забезпечення енергетичного картографування.....	112
Тема 10. Лімітуючі чинники, що впливають на розвиток альтернативної енергетики.....	120
10.1. Основні чинники розвитку відновлюваної енергетики.....	120
10.2. Чинники, що обмежують, або стримують розвиток альтернативної енергетики та рекомендації щодо їх усунення.....	122
Перелік питань до підсумкового контролю знань.....	126
Рекомендована література.....	131
Додаток А. Надходження сонячної енергії на горизонтальну поверхню в регіонах України: S – прямої сонячної радіації, D – розсіяної сонячної радіації, (S +D) – сумарної радіації.....	132

Тема 1. Предмет та завдання екології

1.1. Предмет сучасної екології

1.2. Макроекологія та її структура

1.3. Глобальні проблеми та завдання

1.4. Системні закони макроекології

1.5. Основні екологічні терміни та поняття

1.1. Предмет сучасної екології

Екологія – це наука, яка вивчає взаємовідносини організмів (особин, популяцій, біоценозів) між собою та з навколишньою неорганічною природою, загальні закони екосистем, середовище проживання живих організмів зокрема і людини.

Глобальна екологія вивчає біосферу загалом, тобто екологічну систему, що охоплює земну кулю. Поняття екології ввів німецький біолог Ернст Геккель. За його тлумаченням екологія – це знання економіки природи, одночасне вивчення всіх зв'язків живих істот з органічними та неорганічними компонентами навколишнього середовища.

Тип екологічної свідомості відображає наявні на певному етапі уявлення про взаємовідносини людини і природи. Існує два основних типи екологічної свідомості, два підходи до розуміння відносин між людиною та природою – антропоцентризм та ексцентризм.

1. Відповідно до першого підходу ці взаємовідносини вибудовуються за правилами, встановленими самою людиною. У його основі лежить концепція винятковості людини. Освоївши закони природи, підпорядкувавши їх своїм інтересам, спираючись на їх розум, суспільну організацію та технологічну силу, людина вважає себе вільною від тиску більшості сил, що діють у живій природі. Екологічні проблеми, що виникають, представлені лише як наслідок неправильного управління. Вважається, що всі проблеми можна розв'язати шляхом технологічної реорганізації та модернізації, що закони природи не

можуть і не повинні перешкоджати науково-технічному та соціальному прогресу людства.

Особливості такого підходу:

2. Найвища цінність – це людина. Усе інше у природі цінне лише з точки зору користі для людини. Природа – це надбання людини.

3. Ієрархічна картина світу. Угорі – людина, знизу – не тільки речі, створені людиною, а й різні об'єкти природи. Світ людини є протилежністю світу природи.

4. Метою взаємодії людини та природи є задоволення потреб людини. Суть виражається словом «вживання».

5. Характер відносин із природою визначається «прагматичним імперативом»: дозволено те, що корисно людині та людству.

6. Природа сприймається як безлике середовище.

7. Етичні норми та правила діють лише у світі людей і не стосуються природи.

8. Подальший розвиток природи – це процес, якому підпорядковується процес розвитку людини.

9. Екологічна діяльність диктується лише необхідністю зберегти її для використання майбутнім поколінням.

Цей підхід також називають технологічним, він ставить людину, її технологію, її «владу над природою» в центр екологічних проблем.

Відповідно до іншого підходу людина як біологічний вид залишається значною мірою під контролем основних законів навколишнього середовища й у своїх стосунках із природою змушена прийняти її умови. Розвиток людського суспільства розглядається як частина еволюції природи, де діють закони екологічних кордонів, незворотності та відбору. Виникнення проблем навколишнього середовища людини здебільшого опосередковане антропогенними, тобто антропогенними, порушеннями регуляторних функцій біосфери. Останнє неможливо відновити або змінити технологічно. Цей підхід також називають біоцентричним, який ставить стан та стійкість дикої природи,

біосферу в центр екологічних проблем.

1. Найвища цінність – це гармонійний розвиток людини і природи. Людина – один із членів природної спільноти. Відкидання ієрархічної картини світу. Людина є елементом єдиної системи.

2. Метою взаємовідносин між людиною та природою є максимальне задоволення як людських потреб, так і потреб усієї спільноти.

3. Характер взаємовідносин визначається «екологічним імперативом»: правильними і допустимими є лише ті дії, які не порушують наявного балансу у природі.

4. Природа й усе природне сприймається як повноцінний об'єкт взаємодії з людством.

5. Етичні норми та правила однаково поширюються на стосунки між людьми та стосунки між людиною та природою.

6. Розвиток людства і природи – це процес взаємної єдності.

7. Екологічна діяльність диктується необхідністю зберегти її для себе.

Вибір між цими двома підходами або компроміс між ними багато в чому визначає стратегію подальшого розвитку людського суспільства. Єдиний спосіб запобігти глобальній екологічній катастрофі – це перехід від антропоцентричної суспільної свідомості до екоцентричної.

1.2. Макроекологія та її структура

Основні розділи сучасної екології:

- загальна екологія;
- біоекологія;
- геоекологія;
- екологія людини;
- соціальна екологія;
- прикладна екологія.

Розділ «Загальна екологія» присвячений об'єднанню різноманітних екологічних знань на єдиній науковій основі. Її ядром є теоретична екологія,

яка встановлює загальні закономірності функціонування екологічних систем.

Розділ «Біоекологія» – примати всієї екології. Його основна частина – системна екологія, екологія природних біологічних систем: особин, видів (аутекологія); популяції (популяційна екологія); багатовидові спільноти, біоценози (синекологія); екологічні системи (біогеоценологія, вивчення екосистем).

Інша частина біоекології – це екологія систематичних груп організмів – царств бактерій, грибів, рослин, тварин, а також менших систематичних одиниць: типів, класів, порядків тощо.

Інший підрозділ – еволюційна екологія – це вивчення ролі принципів навколишнього середовища в еволюції.

Саме в біоекології, заснованій на вивченні ролі потоків речовин, енергії та інформації в житті організмів, формується поняття екології як економіки природи.

Розділ «Геоєкологія» – вивчає зв'язок між організмами та середовищем існування з точки зору їх географічного розташування. Вона містить: екологію навколишнього середовища – повітря, землю, ґрунт, прісну воду, морське середовище, трансформовану людину; екологія кліматичних зон – тундри, тайги, степу, пустелі, гір, інших територій та їх менших підрозділів – ландшафти (екологія долин річок, морських берегів, боліт, островів, коралових рифів тощо). Геоєкологія містить також екологічний опис різних географічних районів, регіонів, країн, континентів.

Загальним напрямом біоекології та геоєкології є вчення про біосферу – біосферологія – основний зміст глобальної екології.

Розділ «Екологія людини» – сукупність дисциплін, що вивчають взаємодію людини як особистості (біологічної особи) та особистості (соціального суб'єкта) з її природним та соціальним оточенням. Екологія людини відрізняється від екології тварин різноманітними засобами пристосування до навколишнього середовища, наявністю цивілізації та культури. Важливою особливістю екології людини є соціобіологічний

підхід – правильний баланс біологічних та соціальних аспектів. Соціальна екологія як частина екології людини – це об'єднання наукових галузей, що вивчають взаємозв'язок соціальних структур (починаючи із сім'ї та інших невеликих соціальних груп) із природним та соціальним середовищем їх проживання. Це об'єднання містить екологію людського населення, екологічну демографію, екологію етносів та етногенез – формування рас і націй. Соціальна екологія також включає екологію культури/цивілізації як основну відмітну ознаку людського співтовариства. Вершиною цієї галузі знань є еволюційна (історична) екологія людства, яка також є частиною глобальної екології.

Розділ «Прикладна екологія» – широкий спектр дисциплін, що стосуються різних сфер людської діяльності та взаємозв'язку між людським суспільством та природою. Формує екологічні критерії економіки, досліджує механізми антропогенного впливу на природу та навколишнє середовище, контролює її якість, обґрунтовує норми невичерпного використання природних ресурсів, здійснює екологічне регулювання господарської діяльності, контролює екологічну відповідність різних планів та проєктів, розробляє технічні засоби охорони довкілля, відновлення штучних природних систем.

Виділено такі прикладні розділи екології:

Інженерна екологія – вивчення та розроблення інженерних стандартів та інструментів, що відповідають екологічним вимогам. Основні з них:

- контроль та регулювання матеріальних та енергетичних потоків виробництва та техногенних викидів (тобто викидів побічних продуктів) із різних машинобудівних установ;
- екологічна безпека виробничого та невиробничого середовища, виробничих процесів, конструкцій, машин та виробів;
- контроль стану виробничого середовища та середовища людини в зонах впливу економічних об'єктів;
- оптимізація галузевої структури промислових комплексів та

розміщення потужностей для будівництва та експлуатації об'єктів цивільного та господарського призначення.

Екологія сільського господарства здебільшого зливається з біологічними основами землеробства (агроекологія) та тваринництва (екологія сільськогосподарських тварин). Екосистемний підхід збагачує агробіологію принципами та засобами раціонального використання земельних ресурсів, підвищення врожайності та отримання екологічно чистої продукції.

Біоресурсна та промислова екологія вивчає умови, за яких експлуатація біологічних ресурсів природних екосистем (лісів, внутрішніх вод, морів, океанів) не призводить до їх виснаження та руйнування, втрати видів, скорочення біологічного різноманіття. До завдань цієї дисципліни також належить розроблення методів відновлення та збагачення біоресурсів, наукове обґрунтування впровадження та акліматизації рослин та тварин, створення заповідників.

Екологія поселень, комунальна екологія – розділи прикладної екології, присвячені особливостям і впливу різних чинників штучно перетвореного середовища людини в будинках, селах, містах (міська екологія).

Медична екологія – сфера вивчення екологічних умов виникнення, поширення та розвитку хвороб людини, зокрема гострих та хронічних захворювань, спричинених природними чинниками та несприятливими техногенними впливами навколишнього середовища (екологія канцерогенезу, екологія вірулентності, екологія імунодефіцитів тощо). Медична екологія містить рекреаційну екологію, тобто екологію відпочинку та оздоровлення людини, що асоціюється з бальнеологією.

1.3. Глобальні проблеми та завдання

Основним завданням сучасної екології як науки є консолідація її різних розділів та величезної кількості фактичного матеріалу на єдиній теоретичній платформі, опис їх у системі, що відображає всі аспекти реальних взаємовідносин між природою та людським суспільством. Це необхідно для

розуміння сучасних екологічних проблем планети (табл. 1), для розроблення нової екологічної ідеології та методології, для належної організації екологічної освіти та практичної діяльності у сфері природокористування.

Таблиця 1 – Глобальні екологічні проблеми та прогнози на 2030 рік
(Лосєв та ін., 1993; Данилов-Данилян та ін., 1994: з доповненнями)

Особливість	Тенденція 1972-1992 років	Прогноз до 2030 року
Різде скорочення площі непорушених природних екосистем, їх значна антропогенна деградація	Абревіатура зі швидкістю 0,5-1,0% на рік на суші, до 90-х років вижило лише 40%	Збереження тенденції до майже повної ліквідації на суші
Споживання первинних біопрепаратів	Зростання споживання: 40 % на землю, 25% в усьому світі	Зростання споживання: 80-85% на землі, 50-60% в усьому світі
Зміни концентрації парникових газів в атмосфері	Зростання з десятих часток відсотка до 1-2 %	Прискорення підвищення концентрації CO ₂ і метану
Виснаження озонового шару, зростання озонової діри над Антарктидою	Виснаження озонового шару на 1-2 % на рік, збільшення площі озонових дір	Триває тенденція навіть тоді, коли викиди озоноруйнівних речовин припиняться
Скорочення лісових площ, особливо тропічних	Скорочення за швидкості 117-18020 тис. км ² на рік	Збереження тенденції
Опустелювання	Розширення площ пустель (60 тис. км ² на рік), зростання техногенного опустелювання	Збереження тенденції
Деградація земель	Зростання ерозії (24 млрд тонн на рік), занепад родючості, накопичення забруднювальних речовин, підкислення, засолення	Збереження тенденції, зменшення сільськогосподарських угідь на людину
Збільшення рівню Світового океану	1-2 мм на рік	Зберігаючи тенденцію, можна збільшити зростання до 7 мм / рік
Стихійні лиха та техногенні катастрофи	Збільшення кількості на 5-7%, збільшення втрат на 10-15%, збільшення кількості жертв на 6-12% у рік	Збереження та зростання тенденцій
Скорочення видового різноманіття	Швидке зникнення біологічного виду	Посилення тенденції в міру її просування руйнування біосфери
Якісне виснаження сухопутних вод	Збільшення об'єму стічних вод, джерел забруднення та кількості забруднювальних речовин	Збереження та зростання тенденцій
Накопичення шкідливих речовин мутагени,	Збільшення маси та кількості забруднювальних речовин,	Збереження та зростання тенденцій

канцерогени та організми, їх міграція по харчових ланцюгах	накопичення в середовищі та організмів зростання радіоактивності навколишнього середовища	
Збільшується кількість захворювань, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища, генетичні зміни та поява нових захворювань, погіршення стану якості життя	Зростання смертності, дефіцит продовольства, висока народжуваність, високий рівень захворюваності, рівень генетичних захворювань, алергічні захворювання, пандемія СНІДу, зниження імунітету	Тривала тенденція зростання відсутності їжі, висока захворюваність, пов'язана з генетичними порушеннями, поширення інфекційних захворювань, зовнішній вигляд нових захворювань
Урбанізація	Зростання міст та їх кількість, міська міграція населення сільських поселень	Тенденції зростання
Забруднення вод Світового океану	Переважно нафта та нафтопродукти, радіоактивні відходи	
У ХХ ст. запаси багатьох невідновлюваних, переважно мінеральних та паливних ресурсів Землі різко скоротилися і продовжують стрімко скорочуватися; це, у свою чергу, створить серйозні економічні проблеми		
Продукти життєдіяльності людей забруднюють навколишнє середовище, оскільки містять багато речовин і матеріалів, які не використовуються внаслідок природних циклів: забруднення призводить до хімічної деформації навколишнього середовища та несприятливих геокліматичних змін, створює загрозу для здоров'я людини та спричиняє деградацію екосистем		
Велика чисельність населення, демографічний вибух		

Це все означає настання глобальної антропогенної екологічної кризи.

1.4. Системні закони макроекології

Сучасна екологія має набір правил і законів. Тут розглядаються лише найбільші узагальнення, пов'язані з фундаментальними законами природи. Скористаємось відомими змістовними аксіомами-висловлюваннями американського еколога Б. Коммонера (1974):

- усе пов'язано із цим;
- усе має кудись дітись;
- нічого не дається дарма;
- природа знає краще.

Сам учений називав їх законами екології.

Про загальний зв'язок речей і явищ у природі та людському суспільстві *«Усе пов'язано із цим».*

Про ціну розробки *«Ніщо не дається дарма».* В економіці природи, як і в економіці людини, немає вільних ресурсів: простір, енергія, сонячне світло, вода, кисень, якими б «невичерпними» не здавалися їхні запаси на Землі, стабільно оплачуються будь-якою системою, яка споживає їх. Вони оплачуються повнотою та швидкістю повернення, оборотом цінностей, замкнутістю матеріальних циклів – поживних речовин, енергії, їжі, грошей, здоров'я.

Про головний критерій еволюційного відбору (*«Природа знає краще»*). Люди створили багато речей, яких немає у природі. Технічний прогрес досяг небувалих висот. Але його побічним продуктом стала людська впевненість у собі, віра в перевагу над природою. Безперечно, людські технології перевершили багато можливостей живих організмів, особливо за такими характеристиками, як сила, потужність, концентрація енергії, швидкість, діапазон сигналу тощо. Але у винахідливості використання законів природи, у принципах, оригінальності, досконалості та красі. Конструктивні рішення, з точки зору економії та ефективності, відповідно до здорового глузду, нарешті, технічні пристрої багато в чому поступаються біологічним системам.

Усе має кудись дітись – закон збереження речовини та енергії.

1.5. Основні екологічні терміни та поняття

Біосфера – сфера існування та функціонування живих організмів та продукти їх життєдіяльності. Це активна оболонка Землі, яка охоплює нижні шари атмосфери, всю гідросферу та верхню літосферу.

Біомаса – кількість живої речовини будь-якої живої істоти, що виражається в одиницях маси на одиницю площі.

Екосистема (Грец. Oikos – житло, середовище існування та системна

система – набір, асоціація) – це сукупність співіснуючих організмів різних видів, які перебувають у природних стосунках один з одним та фізичним середовищем, у результаті чого виникає потік енергії, що створює певну трофічну структуру (тобто трофічні ланцюги). Потік енергії та циркуляція речовин усередині екосистеми забезпечують її існування. Кругообіг речовин – це обмін речовинами між абіотичною та біотичною частинами екосистеми.

Термін «екосистема» був уведений Тенслі (1935), який вважав, що екосистеми – це основні природні одиниці на поверхні Землі, які містять не тільки комплекс організмів, а й увесь комплекс фізичних чинників, що становлять середовище біома – середовище проживання, фактори в широкому сенсі.

Екосистема характеризується різними типами обміну речовин не тільки між організмами, а й між органічними та неорганічними.

Екосистема належить до організмів різної складності та розміру. Можна виділити екосистему озера загалом, а також виділити екосистему прибережних рослин та екосистему придонного простору, ґрунту, коралового рифу тощо. Усі реальні екосистеми разом становлять біосферу Землі й належать до відкритих екосистем.

Трофічний ланцюг – харчовий ланцюг, взаємовідносини між організмами, за допомогою яких відбувається перетворення речовин та енергії в екосистемі; групи людей пов'язані взаємовідносинами між споживачами та продуктами харчування.

У трофічному ланцюгу під час передачі потенційної енергії від ланки до ланки більша її частина (80-90 %) споживається у вигляді тепла. Отже, кількість ланок у трофічному ланцюзі зазвичай не перевищує 4 - 5, і чим довший трофічний ланцюг, тим менший вихід його останньої ланки щодо першої.

Залежно від кінцевого рівня існує два основних типи харчових мереж.

Пасовище – ланцюг поїдання – в основному автотрофні організми, за якими йдуть трав'яні тварини (наприклад, зоопланктон, що харчується

фітопланктоном), потім хижаки – споживачі першого порядку (риби, які споживають зоопланктон), хижаки – споживачі другого порядку (судак, який харчується дрібною рибою). Особливо довгі харчові ланцюги в океані, де багато видів (тунець) посідають місце споживачів 4 -го порядку.

Детритні – ланцюги розкладання – найчастіше зустрічаються в лісах, більшість первинних продуктів не споживаються безпосередньо травоядними тваринами, а гинуть, потім розкладаються сапротрофними організмами й мінералізуються. У водних екосистемах (евтрофні водойми й на великих глибинах океану) значна частина продуктів рослинного та тваринного походження також потрапляє у детрит.

Трофічні рівні – сукупність організмів, об'єднаних за типом живлення.

Поняття трофічних рівнів дозволяє зрозуміти динаміку потоку енергії в екосистемі та визначає її трофічну структуру:

- автотрофні організми (зелені рослини) займають 1 трофічний рівень – вони виробники;
- рослиноїдні – другий трофічний рівень – споживачі першого порядку;
- хижаки, що харчуються рослиноїдними – трофічний рівень 3 – споживачі другого порядку;
- вторинні хижаки – консументи другого порядку – 4 трофічного рівня.

Первинна продукція угруповань є органічна маса, вироблена рослинами за одиницю часу. Деякі із цих продуктів використовуються для підтримки життєдіяльності самих рослин (40-70 %).

Відносна кількість енергії, що передається з одного трофічного рівня на інший, називається екологічною ефективністю групи або ефективністю трофічного ланцюга.

Співвідношення різних трофічних рівнів (трофічна структура) зображено у вигляді екологічної піраміди (рис. 1), яка базується на виробниках першого рівня. Екологічні піраміди бувають трьох типів.

1. Піраміда чисел – відображає кількість окремих організмів на кожному рівні.

2. Піраміда біомаси – загальна суха маса, енергоємність або інший показник загальної кількості живої речовини.

Енергетична піраміда – це величина потоку енергії. На кожному трофічному рівні використана енергія не поглинається повністю, оскільки значна її частина використовується для обміну. Отже, виробництво організмів на кожному наступному трофічному рівні завжди менше, ніж вироблення попереднього трофічного рівня в середньому в 10 разів. Це правило екологічної енергетичної піраміди Одуми.

Чинники навколишнього середовища – складні елементи природного середовища, які впливають на існування та розвиток організмів і на які живі істоти реагують адаптаційними реакціями.

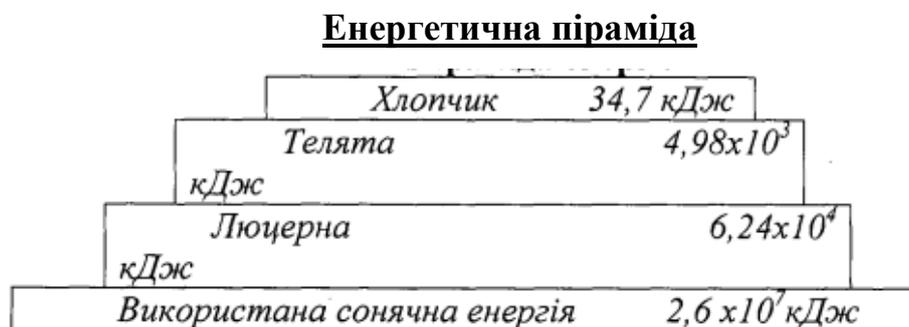
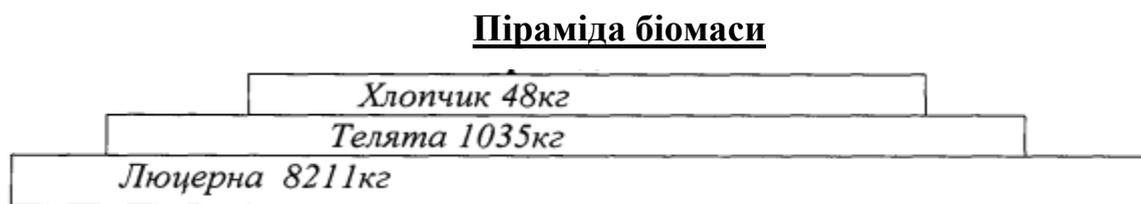


Рисунок 1 – Екологічні піраміди Одуми

Раніше виділяли три групи чинників навколишнього середовища – абіотичні, біотичні, антропогенні. Нині існує 10 груп (близько 60 чинників), об'єднаних у спеціальну класифікацію:

- у часі: еволюційний, історичний, поточний;
- за періодичністю: періодичні, неперіодичні;
- первинна, вторинна;

- за походженням: космічний, абіотичний, біотичний, технічний, антропогенний;

- за середовищем: атмосферне, водне, географічне, фізіологічне.

Екосистеми.

- за характером: інформаційна, фізична, хімічна, енергетична, теплова, біогенна, складна, кліматична;

- за об'єктом впливу: індивідуальний, груповий, особливий, специфічний;

- за ступенем впливу: летальний, експериментальний, екстремальний, тривожний, мутагенний, тератогенний;

- за умов дії, що залежить від щільності розповсюдження чинника;

- за спектром впливу вибіркової або загальної дії.

Лімітуючим (обмежувальним) чинником є рівень або доза, що наближається до межі витривалості організму (концентрація, що є вище або нижче за оптимальну).

ТЕМА 2. Природокористування та його природно-наукові основи

2.1. Природокористування. Раціональне та нераціональне природокористування

2.2. Класифікація природних ресурсів

2.3. Антропогенний вплив на довкілля. Забруднення та його види

2.1. Природокористування. Раціональне та нераціональне природокористування

Під використанням природних ресурсів розуміють сукупність усіх форм використання природно-ресурсного потенціалу та заходів щодо його збереження. До них належать видобуток та обробка природних ресурсів та їх відновлення, використання та охорона природних умов життя, збереження та відновлення екологічної рівноваги природних систем.

Завдання природокористування як науки полягає в розробленні загальних принципів для всієї діяльності, пов'язаної з безпосереднім використанням природи та її ресурсів.

Об'єкт природокористування – це сукупність взаємозв'язків між природними ресурсами, умовами життя суспільства та його соціально-економічним розвитком.

Предметом природокористування є оптимізація цих взаємовідносин, спрямована на збереження та відновлення людського середовища.

Природокористування – це сукупність усіх форм використання потенціалу природних ресурсів та заходів щодо їх збереження.

Поняття екологічного менеджменту містить у собі таке:

- видобуток та переробка природних ресурсів, їх відновлення;
- збереження (відновлення, підтримання) економічної рівноваги природних систем, які є основою збереження природно-ресурсного потенціалу людського суспільства;
- екологічні заходи, спрямовані на збереження раціональних

взаємозв'язків між діяльністю людини та навколишнім середовищем, забезпечення збереження та відновлення природних ресурсів, їх раціонального використання, запобігання шкідливому впливу господарської діяльності на природу та здоров'я людей.

Екологія – це наука про охорону навколишнього середовища.

Природокористування може бути раціональним і нераціональним.

Раціональне – це високоефективне, розумне управління, яке не призводить до різних змін потенціалу природних ресурсів, підтримує й підвищує продуктивність природних комплексів. Основними принципами раціонального природокористування є вивчення, охорона, освоєння та трансформація природних ресурсів.

Нераціональне – це результат того, що система втрачає здатність до самовідновлення, саморегуляції та самоочищення, порушується баланс біологічних систем, виснажуються мінеральні ресурси, рекреаційні, санаторно-курортні умови, естетичні особливості ландшафтів, умови життя загалом погіршуються.

Нераціональне використання природних ресурсів може бути спричинене плановими, економічними та проєктними прорахунками, тимчасовими та вимушеними позиками у природі (перехідні періоди розвитку нових держав, великі стихійні лиха, війни), недбалим обліком та оцінкою природних ресурсів, недосконалістю екологічного законодавства, технології виробництва тощо.

Показниками збитків від забруднення навколишнього середовища є:

- підвищена захворюваність;
- зниження продуктивності сільського господарства;
- прискорення функціонування основних засобів тощо.

Кожна країна визначає власні норми екологічного менеджменту на її території. Але останніми роками все більше уваги приділяється підписанню міжнародних угод про методи та стандарти природокористування. Прикладом може слугувати пакет міжнародних екологічних документів, прийнятий на

форумі в Ріо-де-Жанейро в 1992 році.

2.2. Класифікація природних ресурсів

Природні ресурси – елементи природи, які використовуються або можуть бути використані для задоволення різноманітних потреб суспільства або суспільного виробництва. Природні ресурси – головний об’єкт півострова, під час яких вони підлягають експлуатації та подальшому обробленню.

Існують різні класифікації природних ресурсів.

1. Природні (генетичні) – класифікація природних ресурсів за природними групами: мінеральні (мінерали), водні, наземні (зокрема ґрунт), рослинні (зокрема ліс), тваринні, кліматичні, енергетичні ресурси природних процесів (сонячні, вітрові).

2. Екологічна класифікація – на основі виснаження та відновлення ресурсів:

– невичерпні: використання яких людиною не призводить до видимого виснаження її запасів (сонячної енергії, побутового тепла, енергії води, повітря);

– вичерпне відновлення: ресурси з можливістю відновлення (рослинні, тваринні, водні). Є ресурси з дуже низьким рівнем відновлення (родючі землі, лісові ресурси з високоякісною деревиною);

– вичерпні невідновлювані джерела енергії: постійне використання яких може звести їх до рівня, коли подальша експлуатація стає економічно недоцільною. Однак вони не здатні до самовідновлення за час, відповідний до часу використання (мінерал).

3. Класифікація за групами з точки зору їх економічного використання:

– до групи ресурсів промислового виробництва належать усі види промислової сировини, що використовується у промисловості. До них належать енергетичні ресурси: нафта, газ, деревина, річкова енергія, уран та радіоактивні елементи. Неенергетичні – мінерали, промислова вода, земля для промислових об’єктів, промислові ліси та біологічні ресурси;

– ресурси сільськогосподарського виробництва: види ресурсів, що беруть участь у створенні сільськогосподарської продукції. Агрокліматичні – джерела тепла і вологи. Грунт і земля. Рослинні та біологічні;

– невиробничі ресурси: елементи навколишнього середовища (дикі тварини, лікарські рослини) та рекреаційні ресурси, заповідні території.

2.3. Антропогенний вплив на довкілля. Забруднення та його види

Антропогенний вплив на довкілля розуміють як прямий чи опосередкований вплив суспільства на природу, що призводить до точкових, місцевих чи глобальних змін.

Наслідки антропогенного впливу – утворення відходів та забруднення різних типів. Антропогенний вплив характеризується поняттям антропогенного навантаження. Це величина прямого чи опосередкованого антропогенного впливу на довкілля загалом або на окремі його складові. Антропогенне навантаження подвоюється кожні 10-15 років.

Забруднення навколишнього середовища – це потрапляння речовин, біологічних агентів, енергії в кількостях і концентраціях, що перевищують природний для живих організмів рівень.

Існує кілька підходів до класифікації.

1. Походження:

- природний;
- антропогенний;

2. Для об'єктів забруднення: води, атмосфери, ґрунту, ландшафту.

3. За тривалістю та масштабом: тимчасові та постійні; локальні, регіональні, глобальні.

За джерелом і типом: фізичні, хімічні, біологічні, біотичні, механічні.

Фізичні - проявляється у відхиленнях від норми фізичних параметрів навколишнього природного середовища – теплових, світлових, шумових, радіоактивних, електромагнітних.

Хімічні - утворюються в результаті зміни природних хімічних

властивостей навколишнього середовища або надходження хімічних речовин, які йому не властиві, а також у концентраціях, що перевищують фонові (природні).

Біологічні - впровадження в екосистеми нехарактерних для нього видів, тварин або мікроорганізмів.

Біотичні - збільшення вмісту певного виду поживних речовин, небажаних із точки зору людини. Джерелом є вимивання добрив, накопичення стічних вод, викид у навколишнє середовище нових органічних речовин.

Механічні - забруднення відносно фізично та хімічно інертними побутовими та промисловими відходами (будівельні та побутові, сміття).

Тема 3. Середовище існування. Біосфера

3.1. Поняття про середовище існування, природне середовище та географічну оболонку

3.2. Антропогенне навантаження

3.3. Біосфера. Особливості біосфери

3.4. Екосистеми та їх стійкість

3.5. Біологічні ресурси

3.6. Охорона рослинного та тваринного світу. Червона книга. Заповідна справа

3.1. Поняття про середовище існування, природне середовище та географічну оболонку

Поняття «довкілля» розуміють як цілісну систему взаємопов'язаних природних та антропогенних об'єктів та явищ, у яких відбувається праця, побут та відпочинок людей. Це та частина земної природи, з якою людське суспільство взаємодіє у своєму житті та виробничій діяльності. Поняття навколишнього середовища ширше, оскільки воно не обмежується розглядом людини як біологічного виду.

Це поняття містить соціальні, природні та штучно створені фізичні, хімічні, біологічні чинники, тобто все, що прямо чи опосередковано впливає на життя та діяльність людей. Загалом навколишнє середовище складається зі штучного середовища (створеного людиною у процесі життєдіяльності), природного, яке утворилося у процесі еволюції, та природних ресурсів.

Природне середовище складається з неживої та живої складових. Перша вміщує атмосферу, гідросферу та літосферу Землі, друга – усіх її живих мешканців (біосферу).

Загальна структура середовища існування людини (за Реймерсом):

- природне середовище: елементи природного та природно-антропогенного походження, здатні до саморегуляції, самовідновлення, які

прямо чи опосередковано впливають на людину чи людські спільноти (теплові, магнітні та гравітаційні поля, хімічні та динамічні характеристики атмосфери, волога і поверхневий, хімічний склад води, фізичний, хімічний та механічний характер земної поверхні, склад флори, фауни, мікроорганізмів тощо);

- квазіприродне середовище (друга природа): штучні природні ландшафти. Це всі елементи природного середовища, які трансформуються людиною й не здатні до саморегуляції, самовідтворення та самовідновлення без постійного впливу людини. Це культурні ландшафти, ґрунтові дороги, відкритий простір поселень між будинками, зелень, штучні водойми, парки тощо);

- антропогенне середовище (третья природа): штучне середовище проживання людини, що складається з технічних (будинки) та природних (повітря, світло) компонентів, яке руйнується без штучної підтримки;

- соціальне середовище: суспільство та різноманітні суспільні процеси. Культурно-психологічний клімат, створений самими людьми у процесі їх відносин, а також за допомогою матеріалу, енергії та інформаційний вплив. Це економічна безпека (житло, їжа, одяг тощо), громадянські свободи (совість, місце проживання, пересування, рівність перед Законом), моральні стандарти спілкування та поведінки, свобода вираження поглядів, включно з роботою, можливість користуватися культурними та матеріальними цінностями, наявність послуг, наявність місць відпочинку.

Кожен із цих компонентів середовища існування людини тісно пов'язаний з іншими і не може бути замінений або безболісно вилучений із загальної системи середовища існування людини.

3.2. Антропогенне навантаження

Антропогенний вплив характеризується поняттям антропогенного навантаження. Це величина прямого чи непрямого антропогенного впливу. Вплив на природне середовище загалом або на окремі його складові.

Антропогенне навантаження подвоюється кожні 10-15 років.

Існують концепції допустимого антропогенного навантаження: навантаження на навколишнє середовище, яке не змінює його якості або змінюється у допустимих межах, не порушує екосистему та не впливає негативно на критичні популяції. Якщо навантаження перевищує допустиму норму, антропогенний вплив завдає шкоди населенню, екосистемі та біосфері загалом.

Визначаючи допустимі навантаження, важливо знати нормальне функціонування екосистеми та окремих популяцій: продуктів (біомаси), продуктивності, структури, метаболізму та енергії, адаптивності.

Для забезпечення високоякісного середовища максимально допустиме навантаження на навколишнє середовище ГДЕН (гранично допустимі екологічні навантаження) не повинно спричиняти порушення нормального функціонування екосистеми. Для цього необхідно зважати на всі чинники сукупного та комплексного впливу на екосистему.

ГДЕН – це сукупність окремих впливів, які або не впливають на якість навколишнього середовища, або змінюють його в допустимих межах, тобто не руйнують екосистеми та не впливають негативно на критичні популяції.

Це враховує фонове забруднення біосфери, стан окремих людей, популяцій та біосфери загалом.

У разі визначення впливу шкідливих речовин значення ГДК (гранично допустимих концентрацій) використовуються як нормативні критерії оцінки, а ГДР (гранично допустимий рівень) – для оцінки рівнів фізичних чинників.

3.3. Біосфера. Особливості біосфери

На основі праць В. І. Вернадського та його послідовників використано визначення біосфери як глобальної оболонки, що має у своєму складі нижні шари атмосфери, гідросферу та верхню літосферу. Її склад та структура зумовлені сучасним та минулим життям усієї безлічі живих організмів. Вона є наслідком взаємодії її живих і неживих компонентів, накопичення та

перерозподілу величезної кількості енергії в ній і є термодинамічно відкритою, самоорганізованою, саморегульованою, динамічно збалансованою, стабільною, глобальною системою.

Біосфера – це невід’ємний комплекс усіх екосистем планети, відкрита термодинамічна система, яка отримує енергію та речовини ззовні для синтезу органічних сполук та скидає відходи у природне середовище, що забезпечує її стабільність.

Живі істоти (рослини, тварини, мікроорганізми) існують на поверхні Землі, в її атмосфері, гідросфері та верхній літосфері, зазвичай утворюючи плівку життя (сферу) на нашій гігантській сітці. Верхня межа біосфери сягає 85 км над поверхнею Землі. На таких висотах (у стратосфері) під час запуску геофізичних ракет спори мікроорганізмів були виявлені у зразках повітря. Нижня межа біосфери сягає глибин літосфери, де температура становить 100°C (близько 1,5–2 км у молодих складчастих районах і 7–8 км на кристалічних щитах).

Верхня межа біосфери, за В. І. Вернадським, радіальна, а нижня межа – теплова. Радіальна межа обумовлена наявністю жорсткого короткохвильового випромінювання, від якого життя на Землі захищене озоновим шаром; теплова межа обумовлена наявністю високих температур і розташована на суші на середній глибині від 3 до 3,5 км від поверхні землі.

Усе живе в біосфері утворює живу речовину. Цінність живої речовини полягає в такому:

1. Живі організми відіграють дуже важливу роль у геологічних процесах, що формують Землю. Хімічний склад сучасної атмосфери та гідросфери визначається діяльністю організмів. Організми також мають велике значення для формування літосфери – більшість гірських порід, причому не тільки осадових, але й таких, як граніти, так чи так пов’язані з походженням біосфери. Інертна мінеральна речовина переробляється живими організмами й перетворюється на якісно нову. Живі організми не тільки пристосовуються до умов навколишнього середовища, але й активно змінюють їх. Отже, жива і

нежива матерія на Землі утворюють гармонійне ціле.

2. Енергія, що надає біосфері її нормальний вигляд, має космічне походження; вона випромінюється Сонцем у вигляді променистої енергії. Але саме живі організми, тобто сукупність життя, перетворюють цю космічну променисту енергію на земну, хімічну та формують нескінченну різноманітність нашого світу. Це живі організми, які своїм диханням, харчуванням, обміном речовин, смертю та розмноженням, завдяки постійному використанню своєї речовини, що триває сотні мільйонів років, постійно змінюючи покоління, породжують одне з найбільш грандіозних планетарних явищ, яке ніде не існує.

3. Жива речовина відрізняється від неживої надзвичайно високою активністю, зокрема дуже швидкою циркуляцією речовин. Усе живе в біосфері оновлюється в середньому за вісім років. Діяльність тварин, рослин та мікроорганізмів супроводжується безперервним обміном речовин між організмами та навколишнім середовищем, внаслідок чого всі хімічні елементи земної кори, атмосфери та гідросфери неодноразово додавалися до складу певних організмів.

4. Живі організми відіграють величезну роль у накопиченні сонячної енергії. Наприклад, родовища вугілля – це не що інше, як сонячна енергія, накопичена зеленими рослинами минулих геологічних епох. Також можна визначити природу багатьох мінералів, зокрема карбонату кальцію, який утворює величезні маси вапняку й майже на 100 % біогенний за походженням. Живі організми відіграють важливу роль в накопиченні багатьох металів, як-от залізо, мідь, марганець. Кругообіг азоту, сірки, фосфору та інших елементів має велике значення для біосфери та господарської діяльності людини.

3.4. Екосистеми та їх стійкість

Екосистема (біогеоценоз) – основна одиниця біосфери. Цей термін був запроваджений англійським біологом А. Тенслі у 1935 р. Екосистема – це просторова система, яка охоплює історично сформований комплекс живих

істот, пов'язаних між собою трофічними зв'язками, та неживі компоненти їх середовища існування, які беруть участь в обмінних процесах та енергії. Кожна екосистема має кругообіг речовин та метаболічні енергетичні процеси.

Принципи функціонування екосистем.

1. Цілісність екосистем забезпечується кругообігом хімічних елементів, використанням сонячної енергії та передачею енергії по харчових ланцюгах.

2. Отримання будь-яких ресурсів та утилізація відходів відбувається в циклі всіх хімічних елементів.

3. Екосистеми живляться сонячною енергією, яка не забруднює навколишнє середовище і майже вічна, а кількість її відносно постійна й велика.

Людина порушила всі три принципи функціонування екосистем:

- зміна кругообігу хімічних елементів;
- використання корисних копалин як джерела енергії та забруднення навколишнього середовища продуктами їх спалювання;
- зростання населення, що тисне на навколишнє середовище й порушує природний баланс.

Стійкість екосистеми забезпечується балансом між усіма її компонентами та процесами.

3.5. Біологічні ресурси

Україна розташована у вигідному географічному положенні, має різноманітні типи ландшафтів із багатим видовим складом флори та фауни.

Ландшафт – це територіальна система, що складається із природних або природно-антропогенних компонентів та комплексів нижчого таксономічного рангу, які взаємодіють між собою. Природний ландшафт формується під впливом природних процесів. Під впливом антропогенних впливів змінюється структура та вигляд ландшафтів. Часто порушені ландшафти надзвичайно важко відновити, а іноді це просто неможливо.

Флора – сукупність історично сформованих видів рослин, що ростуть у

будь-якому регіоні або на Землі загалом. Флора земної кулі налічує 250-300 тисяч видів. Флора України налічує близько 5 тис. видів дикорослих та 1 тис. культурних та інтродукованих рослин з інших регіонів. Найбагатша флора у Карпатах і Криму.

Рослини планети поглинають 170 мільярдів тонн вуглекислого газу на рік і виділяють 115 мільярдів тонн кисню в атмосферу, а оптимальна норма кисню для однієї людини (1 кг) виділяється лісовими деревами площею 0,3 га. Один каштан очищає навколишній повітряний простір на висоту до 10 м, ширину 20 і довжину до 100 м. Один грам летких речовин, що виділяються зеленими рослинами, очищає кілька сотень кубометрів повітря від шкідливих мікроорганізмів. Листя хвойних і листяних порід хвойних дерев поглинають 50 % радіоактивного пилу з повітря.

Негативний вплив може бути прямим або непрямим. Прямий – це знищення рослин у процесі їх використання: вирубка лісів, збирання рослин різного призначення, випас домашніх тварин, а також пожежі, оранка нових земель.

Непрямим негативним впливом є погіршення умов життя рослин, як-от засолення ґрунту, зміни гідрології води, забруднення навколишнього середовища шкідливими хімічними речовинами, упровадження патогенів та шкідників рослин.

Лісові ресурси. Серед усіх рослинних угруповань особливу роль відіграють ліси, які займають майже третину суші. Клімат залежить від лісів, вони виконують ґрунтозахисні, екологічні, водорегулювальні функції.

Під закритим лісовим покривом немає поверхневого стоку, який розмиває ґрунт, навіть під час дощів лісова підстилка дуже волога, а ґрунт під нею, пронизаний корінням дерев та чагарників, легко пропускає воду. Під лісовим покривом накопичується більше снігу, ніж у безліссях. Отже ґрунт менше промерзає, а коріння багаторічників краще зберігається. У лісі сніг тане повільніше, ніж на відкритому повітрі, і талі води встигають глибоко проникнути у ґрунт, не руйнуючи його.

У лісі постійно виробляється органічна речовина – деревина, з якої виробляється понад 20 тисяч видів промислових та побутових товарів. Дерево – універсальний будівельний матеріал, який широко використовується, незважаючи на зростання ролі його замінників.

Ліси регулюють температуру і вологість, силу вітру, поглинають радіоактивні речовини, зменшують шум у містах, поблизу автомагістралей. У повітрі лісу практично не буде шкідливих газів і пилу. Породи деревини (дуб, липа, хвойні породи) виділяють леткі сполуки, які перешкоджають розвитку мікробів і вірусів.

Лісовий фонд України. В Україні ліси займають 8426 тис. га. На душу населення припадає 0,17 га лісу та 20 м³ деревини. П'ята частина – це ліси Карпат. За географічними особливостями та економічним значенням ліси України поділяють на дві групи:

1) близько 30 % лісів – заповідні ліси, зелені зони міст, курортні зони. Вони виконують роль охорони води, захист ґрунтів, санітарно-гігієнічні, оздоровчі функції та мають обмежену експлуатаційну цінність. Тут, крім заповідників, допускаються тільки санітарні зруби та з метою обслуговування;

2) виробничі ліси, які є основною базою лісозаготівельної продукції.

Загальний стан лісів України не відповідає екологічним та економічним вимогам. Вирубка лісів спричинила обміління річок та озер, ерозію ґрунтів, зсуви, руйнівні весняні повені та ерозію берегів річок.

Фауна – сукупність видів тваринних організмів, що населяють певну територію або Землю загалом. Тварини становлять лише 2 % біомаси Землі, але їх близько 2 мільйонів, а рослини – лише 400 тисяч видів. Роль тварин у біосфері надзвичайно велика, без них неможливе людське життя.

Повне або часткове вимирання видів є наслідком прямого та непрямого впливу людини. Вимирання видів тварин спостерігається на всіх континентах, але дуже суттєво в Австралії, Африці, Північній Америці. Саме тут в результаті втручання людини зникла найбільша кількість тварин.

В Україні майже кожен третій вид ссавців, земноводних, плазунів та

кожен десятий вид птахів можна вважати рідкісним. Оскільки кожен вид тварин, незалежно від його чисельності, відіграє певну роль у біосфері, його зникнення може призвести до непередбачуваних екологічних та практичних наслідків.

Узагальнюючи причини зникнення тварин, їх можна розділити на дві основні групи:

- 1) пряме переслідування та знищення;
- 2) зміна екологічних умов існування.

3.6. Охорона рослинного і тваринного світу. Червона книга. Заповідна справа

Вивчення та збереження рідкісних та зникаючих видів є дуже серйозною міжнародною проблемою. У далекому 1948 році було створено постійну Комісію з охорони зникаючих видів рослин і тварин. З ініціативи відомого англійського зоолога Пітера Скотта була створена Червона книга – збірник фактів про унікальну флору й фауну нашої планети, якій загрожує зникнення, та Чорний список видів тварин і рослин, які вже зникли.

Червона книга України була вперше опублікована в 1977 р. Понад 200 видів судинних рослин нашої флори офіційно підлягають охороні, але сьогодні, через інтенсивний антропогенний вплив, понад 800 видів рослин в Україні потребують певних заходів захисту.

Заповідні або заповідні території – це природні комплекси-ландшафти, в яких охороняються та вивчаються всі їхні елементи: атмосфера, гідросфера, ґрунт, рослинний і тваринний світ, пам'ятки природи. Форми заповідних територій можуть бути різними: заповідники, національні та природні парки, заповідні території.

В Україні є 20 заповідників, понад 1500 державних заповідників та 3700 невеликих заповідних територій.

Заповідники. Це територіальні комплекси, які збереглись у первісному вигляді та були назавжди вилучені з господарського вжитку. Усі природні тіла

та стосунки між ними мають бути захищені. Основне призначення заповідників – збереження та розвиток у природних умовах особливо цінної або зникаючої флори та фауни, збереження екологічних систем.

Природні заповідники або заповідні території організуються для охорони рідкісних рослинних груп на окремих територіях, унікальних геологічних, гідрологічних та інших об'єктів, що мають велике наукове, культурне, освітнє та економічне значення.

Національні парки. Це відносно великі території, що представляють кілька екологічних систем, які практично не впливають на людину. Рослини, тварини та ландшафти охороняються тут у наукових, культурних та освітніх цілях. Масові відвідування окремих ділянок національних парків дозволені, але заборонено порушувати природний вигляд ландшафтів.

ТЕМА 4. Атмосфера. Гідросфера. Літосфера

4.1. Атмосфера

4.2. Джерела та наслідки забруднення повітря

4.3. Заходи боротьби із забрудненням повітря

4.4. Значення гідросфери. Екологічні функції води

4.5. Джерела забруднення гідросфери

4.6. Самоочищення води. Очищення стічних вод

4.7. Літосфера, її склад. Поняття ґрунту та ґрунтових ресурсів

4.8. діяльності людини на ґрунт

4.9. Охорона ґрунтових ресурсів

4.10. Захист надр та земної поверхні.

4.11. Рекультивація земель нафтових родовищ. Фітомеліорація забруднених ґрунтів нафтових родовищ.

4.1. Атмосфера

Атмосфера – це зовнішня оболонка Землі. Довжина від поверхні до 3000 км і поділяється на тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу та екзосферу. Велика частина повітря (90 %) зосереджена в нижньому шарі – тропосфері. Тут відбуваються найінтенсивніші теплові процеси.

Значення атмосфери:

1. Озоновий шар поглинає більшу частину шкідливого ультрафіолету, що має величезне екологічне значення для атмосфери. Озоновий шар поширюється на висотах 20-50 км. Він захищає організми від шкідливого впливу космічної радіації й ударів метеоритів, регулює сезонні та добові коливання температури, є носієм тепла й вологи.

2. Процеси фотосинтезу та обміну енергією й інформацією відбуваються через атмосферу.

3. Атмосфера спричинює ряд значних екзогенних процесів (вивітрювання гірських порід, активність природних вод, вічної мерзлоти,

льодовиків тощо).

4. Для деяких організмів атмосфера є основним середовищем існування.

5. Атмосфера регулює теплообмін між Землею та космосом, впливає на радіаційний та водний баланс.

Основним компонентом атмосфери є азот – 78 %, кисень – 21 %, а також аргон, гелій, криптон та деякі інші постійні компоненти. Серед змінних компонентів атмосфери є водяна пара, озон, вуглекислий газ, які мають велике значення для атмосферних процесів.

Основна частина водяної пари зосереджена в нижніх шарах атмосфери; його кількість значно зменшується з висотою. Уміст водяної пари в атмосфері визначається співвідношенням випаровування, конденсації та горизонтальною передачею. Водяна пара є джерелом хмар, опадів і туману.

Вуглекислий газ є важливою змінною в атмосфері. Його вміст в атмосфері зростає з розвитком виробництва (від 0,029 до 0,033 %). Змінність вмісту CO₂ пов'язана з життям рослин, його розчинністю в морській воді та діяльністю людини.

Маса атмосфери величезна – $5,15 \cdot 10^{15}$ тонн. Але атмосферне повітря можна вважати відносно невичерпним природним ресурсом. Адже людині потрібне повітря певної якості, а під впливом її діяльності погіршується хімічний склад та фізичні властивості повітря.

Крім газів, атмосфера містить домішки так званого аерозолі, тобто дуже маленькі крапельки рідких і твердих частинок як природного, так і штучного походження (сірчана кислота, сажа, пил, морські солі).

4.2. Джерела та наслідки забруднення повітря

Основними джерелами забруднення повітря є:

1. Природні забруднювачі (мінеральні, рослинні, тваринні, мікроорганізми).

2. Забруднювальні речовини від спалювання палива у промисловості, автомобілях та опаленні житла.

3. Забруднювачі промислових викидів.

4. Забруднювальні речовини від спалювання та переробки побутових та промислових відходів.

Наслідки забруднення повітря.

Парниковий ефект. Нині атмосфера Землі нагрівається набагато швидше, ніж будь-коли раніше. Це пов'язано з діяльністю людини, яка спочатку нагріває атмосферу, спалюючи велику кількість вугілля, нафти, газу та атомних електростанцій. По-друге, спалювання викопного палива, а також вирубка лісів призводить до накопичення великої кількості вуглекислого газу в атмосфері. Його вміст у повітрі збільшився на 17 % за останні 120 років. У земній корі вуглекислий газ діє як скло в теплиці: він вільно пропускає сонячне світло на поверхню Землі, але зберігає тепло Землі, зігріте сонцем.

За прогнозами вчених, протягом найближчих 10 років середньорічна температура на Землі зросте на 1,5 – 2,0 градусів за Цельсієм. Це спричинить значні зміни клімату, більшість з яких матиме вкрай негативні наслідки для людства. Парниковий ефект змінить кількість опадів, шар хмар, океанські течії, розміри полярних льодовиків. Основні кліматичні зони північної півкулі змістяться на північ на 400 км. Це спричинить потепління в зоні тундри, танення шару вічної мерзлоти та полярних полів льоду. На основних чорноземах клімат стане напівпустельним.

Глобальне потепління спричинить танення льодовиків у Гренландії, Антарктиді, Арктиці та горах, рівень Світового океану підніметься на 6-10 метрів. Це затопить близько 20 % площі суші, де живуть сотні мільйонів людей.

Тепер виявилось, що, крім CO₂, парниковий ефект спричиняють інші гази в атмосфері: метан, оксиди азоту, фреони. Їх вміст в атмосфері збільшується.

Озонові діри в атмосфері. Ультрафіолетове випромінювання несе найбільшу енергію і є фізіологічно активним, тобто діє на живу речовину. Увесь потік УФ-променів, що досягають Землі, умовно поділяється на УФ-А

(довжина хвилі 400-315 нм), УФ-В (315-280), УФ-С (менше 280). УФ-В і УФ-С надзвичайно шкідливі для всього живого та призводять до розриву білкових молекул і загибелі живих клітин. Захистом від цього є озоновий щит Землі. Озон виробляється у стратосфері молекулою звичайного кисню, який поглинає УФ -випромінювання. Енергія променів УФ-В та УФ-С витрачається на фотохімічну реакцію утворення озону з киснем, і тому вони не досягають поверхні Землі. Туди потрапляє лише легкий УФ-С. Наш організм може захиститися від нього шляхом синтезу меланіну. Однак ця речовина дуже повільно утворюється у шкірі, як результат ми отримуємо опіки шкіри. Останнім часом спостерігається значне зменшення вмісту озону в озоновому шарі. Над Антарктидою була виявлена діра, що містить на 40-50 % менше озону, ніж зазвичай. Вона з року в рік збільшується і тепер перевищує площу самої Антарктиди. Озонова діра спричинює посилення УФ фону над Новою Зеландією.

Зменшення вмісту озону в атмосфері спричинює:

- зменшення сільськогосподарського виробництва;
- зростання захворюваності людей і тварин;
- збільшення шкідливих мутацій.

Установлено, що руйнуванню озонового шару сприяють певні хімічні речовини (оксид азоту), які проникають у стратосферу висхідними течіями. Іншим джерелом руйнування озонового шару є діяльність людини. Сучасна промисловість використовує хлорофторуглеводи, які використовуються в холодильниках, аерозольних балонах для очищення напівпровідників.

Смог. Хімічні реакції, що відбуваються в повітрі, призводять до утворення димового туману – смогу. Смог виникає з великою кількістю пилу та газів, а також із тривалими антициклонічними погодними умовами.

Кислотний дощ. Оксиди сірки та азоту, що викидаються в атмосферу в результаті роботи теплових електростанцій та автомобільних двигунів, поєднуються з атмосферною вологою й утворюють невеликі крапельки сірчаної та азотної кислоти, які переносяться вітром у вигляді туману та

кислотних дощів. Ці дощі згубно впливають на навколишнє середовище.

Ядерна катастрофа буде мати такі наслідки:

- тепловий нагрів атмосфери на 1 °С, що спричинить ураганні вітри;
- забруднення повітря радіоактивними речовинами;
- викид горючих газів унаслідок пожеж та руйнування промислових свердловин та газопроводів, що спричинить у перші дні глобальне підвищення температури на 4-5 С;
- ядерне забруднення;
- утворення великої кількості оксидів азоту і руйнування 40-60 % озонового шару;
- забруднення атмосфери великою кількістю пилу та сажі. Пил, попіл і сажа будуть тягнуті небо над землею, а прозорість атмосфери зменшиться у 200 разів. На Землі настане ядерна ніч. Охолоне поверхневий шар повітря на 15-30 С. Настане ядерна зима.

Тютюновий дим. Забруднення від нього в сотні разів більше, ніж від металургійних та хімічних підприємств. Курець видихає дим у повітря, забруднюючи його у 384 000 разів вище за допустиму норму. Учені стверджують, що вдихання тютюнового диму в 4 рази шкідливіше, ніж вихлопні гази прямо з вихлопної труби.

Шум, вібрація та електромагнітне забруднення атмосфери. Шум – це набір звукових хвиль, тобто періодичних змін тиску повітря, які вимірюються такими параметрами, як інтенсивність (гучність), спектр, часові інтервали.

Розвиток електроніки та радіотехніки призвів до забруднення навколишнього середовища електромагнітним випромінюванням. Джерелом є радіо, телебачення та радіолокаційні станції, високовольтні лінії електропередач, електромобілі. Рівень електромагнітного випромінювання поблизу великих міст часто перевищує допустимі гігієнічні норми. Ці поля пошкоджують нервову систему.

4.3. Заходи боротьби із забрудненням повітря

Основні та найефективніші методи боротьби із забрудненням повітря є економічними. Багато розвинених країн добре продумали стимули та заборони уникнути забруднення. Фірми, що впроваджують технології без відходів, мають найновіші системи очищення фільтрів тощо, отримують значні податкові пільги. Ті компанії, які забруднюють атмосферу, змушені платити високі податки та штрафи.

Існують також організаційні, технологічні та інші засоби боротьби із забрудненням повітря.

1. Скорочення кількості ТЕС завдяки будівництву більш потужних, обладнаних новішими, більш потужними системами для очищення та утилізації газоподібних та заплених відходів.

Для деяких країн це вигідно, Франція виробляє сірчану кислоту із SO_2 , оскільки у неї немає власних родовищ сірки.

2. Очищення вугілля від піриту перед його надходженням у печі ТЕЦ, що зменшує кількість оксидів сірки.

3. Мазут та вугілля для теплових електростанцій замінюється більш екологічно чистим продуктом – газом (викиди тільки вуглекислого газу та оксидів азоту).

4. Регулювання двигунів внутрішнього згорання в автомобілях, установка спеціальних каталізаторів для утилізації.

5. Озеленення міст.

6. Правильне планування житлових та промислових зон у межах міста – наскільки це можливо один від одного, а між ними – зелені насадження.

7. Використання звукопоглинальних матеріалів у будівництві.

8. Розроблення технологій безвідходного та маловідходного виробництва.

9. Контроль захисту атмосферного повітря.

4.4. Значення гідросфери. Екологічні функції води

Водні ресурси Землі складаються з океанів і морів, річок і озер, гірських і полярних льодовиків, підземних вод, ґрунту та атмосферної вологи.

Відомо, що більша частина земної поверхні (71 %) укрита морями та океанами. Основні запаси гідросферної води знаходяться у Світовому океані (94 % від загальної кількості, або 1 370 000 тисяч м³), а прісної води менше – 2 % (табл. 2). Отже, людина може використовувати лише 0,025 % прісної води.

Таблиця 2 – Розподіл водних ресурсів Землі

Компоненти гідросфери	Об'єм, тис. м ³	%
Вся гідросфера	1389000	100,0
Океани, моря	1 350 000	97,2
Води неокеану	39000	2,8 (100)
включно з материковим льодом	29000	74,36
Ґрунтові води	9700	24,87
Прісні озера	123	0,31
Солоні озера	100	0,26
Ґрунти та болота	40	0,1
Атмосфера	23	0,06
Річки та водойми	7	0,02
Біомаса	7	0,02

Екологічні функції води.

1. Основна складова всіх живих організмів.
2. Основний механізм взаємозв'язку всіх процесів в екосистемах (обмін речовин, теплота, зростання біомаси).
3. Основний носій глобальних біоенергетичних циклів.
4. Води Світового океану є основним кліматоутворювальним чинником, основним акумулятором сонячної енергії.
5. Один з основних видів мінеральної сировини, основний природний ресурс, який споживає людство.
6. Участь у гірських процесах, перенесення осадових порід, формування поверхні Землі та її ландшафтів.
7. Вода – середовище проживання багатьох організмів.

Основним джерелом водопостачання людства є річковий стік. Річковий потік в Україні становить 83,5 млрд м³. Він розподілений нерівномірно – 70 % припадає на південно-західні економічні регіони, де проживає лише 40 % населення. А Донецько-Придніпровський та північно-східні економічні регіони, де проживає 60 % населення та зосереджені найбільші водоемні галузі, становлять лише 30 % стоку. Отже у багатьох регіонах півдня України відчувається гостра нестача води, для ліквідації якої будуються канали та водойми.

Основним постачальником води в Україні є Дніпро. Решта – Дунай, Дністер, Тиса та інші. Стан води в цих річках визначається станом їх притоків, малих річок, яких в Україні 63 тисячі. Вони мають велике значення, достатньо сказати, що 90 % населених пунктів України розташовані в долинах малих річок. Але близько 20 тисяч малих річок в Україні пересохли і зникли.

Підземні води важливі не тільки для забезпечення населення. 70 % населення міст і сіл задовольняє свої потреби у питній воді за рахунок підземних вод (колодязі) або глибоких водоносних горизонтів (колодязів). Стан підземних вод в Україні загалом кращий, ніж поверхневий стік. На Донбасі та Кривбасі розвиток шахт негативно впливає на стан підземних вод в Україні.

4.5. Джерела забруднення гідросфери

Джерела забруднення гідросфери: фізичні, хімічні, біологічні та термічні.

Фізичне забруднення – через збільшення нерозчинних у воді домішок – піску, глини, мулу, через вимивання дощовою водою з ріллі, припливу суспензій із діючих гірничодобувних підприємств, пилу. Тверді частинки зменшують прозорість води.

Хімічне забруднення – через надходження різних хімічних домішок неорганічного (кислоти, луги, мінеральні солі) та органічного походження (масла, нафтопродукти, мийні засоби, пестициди).

Нафта та нафтопродукти є одними з найбільш шкідливих забруднювачів Світового океану. Майже 30 % усієї нафти видобувається на морі, а сотні мільйонів тонн щорічно транспортується морем, де щорічно втрачається 1 % нафти. Особливо жакливі наслідки аварій танкерів. Нафта та нафтопродукти потрапляють у воду природним і штучним шляхом. Щорічно у світі виробляється понад 4 мільярди тонн сирової нафти, з яких близько 50 мільйонів тонн втрачається під час виробництва, переробки та транспортування.

Нафта та нафтопродукти утворюють на поверхні води плівку, яка перешкоджає газообміну та зменшує вміст кисню у воді. Нижче нафтопродукти вбивають донні мікроорганізми, які беруть участь у самоочищенні водойм. Коли осад розкладається у воді, утворюються токсичні сполуки (сірководень).

Хімічне забруднення також містить радіоактивне забруднення під час випробувань ядерної зброї, утилізації радіоактивних відходів та роботи підводних ядерних реакторів. Існує також кумулятивний ефект: радіоактивність планктону може бути в 10 000 разів вищою, ніж у води, а у деяких риб навіть у 50 000 разів.

Синтетичні мийні засоби – дуже стійкі й слугують роками. Більшість із них містить фтор, що сприяє швидкому розвитку синьо-зелених водоростей.

Сільськогосподарські азотні добрива та пестициди щорічно вводять у воду нітрати – 20 мг / л, а іноді й 2000 мг / л. Сполуки азоту та нітратні іони є потужними мутагенами. За даними ЮНЕСКО, щороку у Світовий океан потрапляє понад 320 млн тонн заліза, 2,3 млн тонн свинцю та 6,5 млн тонн фосфору.

Тепловий – спуск у резервуари нагрітої води з теплових, атомних та інших електростанцій. Тепла вода змінює біологічний і тепловий режими водойм і негативно впливає на їх мешканців. Вода, нагріта до 26-30 °С, гнітюче діє на рибу, і за 36 °С вона гине.

4.6. Самоочищення води. Очищення стічних вод

Усі природні води мають здатність до самоочищення. Самоочищення води – це нейтралізація стічних вод, осадження твердих забруднювачів, хімічні, біохімічні та інші природні процеси, які призводять до видалення забруднювальних речовин із водойми та повернення води у вихідний стан. Але здатність водойм до самоочищення має свої межі. Сьогодні у водойми почало надходити стільки стічних вод, і вони настільки забруднені різними токсинами для водних організмів, що багато водойм почали руйнуватися. Отже зараз необхідно вдаватися до дорогих і тривалих заходів щодо очищення забрудненої води та повернення джерел води державі, якщо вони стануть придатними для використання. Ці заходи містять у собі:

- стандартизацію якості води, тобто розроблення критеріїв її придатності для різних видів водокористування;
- зменшення скидів забруднювальних речовин у водні об'єкти шляхом вдосконалення технологічних процесів;
- очищення стічних вод.

Відповідно до чинного законодавства України вода певної якості повинна використовуватися для різних побутових потреб. Неприпустимо, наприклад, використовувати питну воду для охолодження блоків ТЕС; заборонено скидати стічні води у водойми, що містять цінні відходи, які можна видалити за допомогою раціональної технології. Основним напрямом охорони гідросфери у промисловості є переведення підприємств на роботу за схемою замкнутого циклу водопостачання.

Очищення стічних вод – це ліквідація або видалення забруднювальних речовин та ліквідація патогенних мікробів (стерилізація). Сьогодні використовуються два способи очищення стічних вод: у штучних умовах (на спеціально створених спорудах) та у природних (на зрошуваних полях, у ставках). Забруднені стічні води поступово очищаються механічно, хімічно та біологічно.

Механічна обробка – це видалення нерозчинених речовин зі стічних вод

(пісок, глина, мул), а також жири та смоли. Для цього використовують відстійники, сита, фільтри, центрифуги.

Хімічна очистка стічних вод проводиться після механічної очистки. У воду, забруднену різними сполуками, додають спеціальні реактиви, які реагують із забруднювачами з утворенням нешкідливих або нерозчинних сполук.

Біологічна обробка – це використання природних або штучних водойм, де до стічних вод (вже оброблене хутро та хімікати) додаються спеціальні мікроорганізми, які харчуються органічними домішками, що містяться у стічних водах (органічні кислоти, білки, феноли), розкладаючи їх на прості нешкідливі сполуки (вода, вуглекислий газ, мінеральна сіль).

4.7. Літосфера, її склад. Поняття ґрунту та ґрунтових ресурсів

Літосфера (літос – камінь + сафаяр – шар) – земна кора, зовнішня тверда оболонка Землі, що складається з осадових, магматичних та метаморфічних порід. Товщина 30–80 км., а під океанами 5–10 км. Живі організми зустрічаються на глибині до 3 км.

Значення літосфери:

- більшість рослинних і тваринних організмів, включно з людиною, мешкають на її поверхні;
- верхня тонка оболонка на континентах – це ґрунт, що забезпечує умови для життя рослин і є основною умовою харчування людини;
- джерело видобутку корисних копалин (енергетична сировина, металеві руди, мінеральні добрива, будівельні матеріали тощо);
- усередині літосфери часто відбуваються такі екологічні процеси (зсуви, землетруси, виверження вулканів, ерозія), які мають значення для формування екологічної ситуації в окремих частинах планети, а іноді призводять до глобальних екологічних катастроф.

Хімічний склад – кисень, кремній, водень, алюміній, залізо, магній, кальцій, натрій – становлять 99,5 % усієї літосфери.

Ґрунт – це поверхневий, поживний шар земної кори, створений під впливом поєднаної дії зовнішніх умов: тепла, води, повітря, рослинних і тваринних організмів та мікроорганізмів. Рельєф та діяльність людини також є чинниками ґрунтоутворення. Ґрунт складається із твердих мінеральних та органічних частинок. Живі організми сприяють розвитку такої властивості, як родючість. Ґрунт є основою врожайності сільськогосподарських культур і відіграє активну роль в очищенні природних та стічних вод, які фільтруються через ґрунт. Ґрунт та рослинний покрив є регулятором водного балансу суші, оскільки він поглинає, утримує та перерозподіляє велику кількість атмосферної вологи.

4.8. Вплив діяльності людини на ґрунт

Шкідливий антропогенний вплив та різні елементи завдають великої шкоди ґрунтам (табл. 3). Це ерозія вітру та води, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне виснаження гумусу, погіршення структури ґрунту, забруднення мінеральними добривами, пестицидами, заболочування та засолення.

Таблиця 3 – Наслідки антропогенного впливу на ґрунти

Тип впливу	Значні зміни у ґрунтах
Щорічна оранка	Вітрова та водна ерозія, зміна чисельності ґрунтових організмів
Сінокосіння, збирання урожаю	Видалення деяких хімічних елементів, посилення випаровування
Випас	Ущільнення ґрунту, знищення рослинності, ерозія, висихання, удобрення гною, біологічне забруднення
Випалювання сухої трави	Руйнування ґрунтових організмів у поверхневих шарах, посилення випаровування
Зрошення	Перезволоження та засолення
Дренаж	Зниження вологості, поява вітрової ерозії
Використання пестицидів та гербіцидів	Загибель ґрунтових організмів, накопичення небезпечних речовин
Створення промислових та побутових сміттєзвалищ	Скорочення посівних площ сільськогосподарських угідь, отруєння ґрунтовими організмами

Механічна обробка землі	Ущільнення ґрунту під час руху по бездоріжжю, отруєння вихлопними газами
Стічні води	Зволоження ґрунтів, отруєння організмів, забруднення
Викиди в атмосферу	Забруднення ґрунтів хімічними речовинами, їх змінна кислотність
Вирубка лісів	Посилення вітрової та водної ерозії, випаровування
Шум і вібрація	Уповільнення росту рослин, загибель живих організмів
Енергетичне забруднення	Уповільнення росту рослин, забруднення ґрунтів

Глобальною проблемою є постійне зниження вмісту гумусу. Це основний показник цінних агрономічних властивостей ґрунту. Основною причиною цього є ставлення споживача до землі, бажання взяти з неї якомога більше. Сьогодні в Україні кількість гумусу зменшилася в середньому в 6 разів і становить близько 3 %.

Ерозія ґрунту завдає значної шкоди сільському господарству. Це руйнування ґрунту водою або вітром. Одночасно знищується гумус, створення якого становить 1400-1700 років. Ерозія узбережжя також дуже шкідлива для ерозії ґрунту в горах.

4.9. Охорона ґрунтових ресурсів

Проблема охорони та раціонального використання земель – одне з найважливіших завдань людства. 98 % їжі, що споживає людина, надходить із ґрунту.

Меліорація має особливе значення – повне або часткове відновлення ландшафту та родючості ґрунтів, порушене попередньою господарською діяльністю, видобутком корисних копалин, будівництвом. Меліорація поділяється на 2 етапи: гірничо-технічний (вирівнювання відвалів, створення зручних форм, насипання ґрунту) та біологічний (відновлення властивостей ґрунту, посадка дерев і культур).

Раціональне використання земель у сільському господарстві, включно з

правильною організацією території, формуванням культурного сільськогосподарського ландшафту, дотриманням сівозміни, оптимізацією розміру поля.

Для збереження фізичних властивостей ґрунту необхідно різко зменшити частоту повторення обробітку ґрунту, перейти на його прогресивні та ефективні форми, використовувати машини з низьким тиском на ґрунт, безвідвальну обробку ґрунту (плоскорізи), для збільшення вмісту гумусу – необхідно розведення дощових черв'яків.

4.10. Захист надр та земної поверхні

Надра – це частина природного середовища під земною поверхнею, що містить елементи та мінерали, які виходять на поверхню. Це геологічне середовище, яке має такі основні сфери використання:

1. Для видобутку корисних копалин.
2. Для зберігання рідких і газоподібних корисних копалин у природних та штучних складських приміщеннях.
3. Будівництво споруд.
4. Транспортні комунікації.
5. Захоронення відходів.

Два види людської діяльності мають особливе значення. Це виробництво продуктів харчування та видобуток енергетичних ресурсів та мінералів із надр, без яких існування всіх галузей економіки неможливе. Коли зростання виробництва пропорційно зростанню населення, зростання споживання енергії та матеріалів у сучасному виробництві значно випереджає зростання населення. Зі збільшенням населення в 4,5 рази потреба в енергії та матеріалах зростає у 12 разів.

За сучасних технологій використовується лише 1-5 % речовин з корисних копалин, все інше йде на звалища та відходи. За даними ООН, 18 економічно найважливіших елементів перебувають у стадії виснаження: золото, срібло, ртуть, свинець, сірка, олово, цинк, вольфрам.

Під час видобутку земна поверхня значно порушується, ґрунт осідає, утворюються порожнечі, а шкідливі гази виділяються з гірських порід.

Охорона надр містить у своєму понятті забезпечення раціонального використання, захист корисних копалин від пошкоджень, збереження властивостей земної поверхні, створення деревних насаджень після видобутку корисних копалин, збереження цінних геологічних пам'яток природи.

4.11. Рекультивація нафтових родовищ. Фітомеліорація забруднених ґрунтів нафтових родовищ

Під меліорацією сучасних родовищ нафти розуміють комплекс гірських, біологічних, інженерних, меліоративних заходів, спрямованих на створення оптимальних культурних ландшафтів із продуктивним ґрунтом та рослинним покривом. Він базується на мобілізації ресурсів екосистеми для відновлення первинних ресурсів. Отже, в цьому разі рекультивація – це прискорення процесів самоочищення.

Рекультивація проводиться в такі етапи:

1. Аерація, вологість ґрунту, локалізація забруднення, моніторинг.
2. Розроблення меліоративних та агротехнічних заходів.
3. Пробний посів сільськогосподарських культур з метою встановлення токсичності ґрунту.
4. Створення культурних біоценозів, посів багаторічних трав.

Для відновлення родючості ґрунту пропонується обробляти свердловини після буріння складними реагентами, що містять адсорбенти. Для слабо забруднених ґрунтів – цеоліт, дисперсну крейду, аміачну селітру та силікон змішують і наносять на глибину 20-25 см з подальшою обробкою бороною ВІГ-3. Після оброблення вміст бітуму становить 0,3 %, що відповідає ступеню найменшого забруднення.

Період відновлення порушених земель після буріння становить не менше ніж 20 років, а під час меліорації – 5 років.

Часто очищення від розливу нафти здійснюється спалюванням або

видаленням верхнього ґрунту, що призводить до руйнування родючого шару ґрунту. Найбільш прийнятним методом слід вважати біохімічний метод за участю певної мікрофлори. Штами мікроорганізмів виробляються обробленням насіння або безпосередньо в ґрунт із подальшим розпушуванням.

Внесення поживних речовин: азоту, фосфору, калію у вигляді добрив прискорює швидкість розкладання вуглеводнів, вапняні склади слід використовувати на кислих ґрунтах, гіпс – на засолених ґрунтах.

Фітомеліорація полягає в посіві сільськогосподарських культур, зокрема бобових, з розгалуженою кореневою системою на забруднених територіях, що сприяє розкладанню вуглеводнів шляхом аерації ґрунту та збагачення азотом.

Тема 5: Екологічні проблеми енергетичної галузі

5.1. Загальні екологічні проблеми традиційної енергетики

5.2. Механізми впливу енергетичної галузі на навколишнє середовище

5.3. Основні напрями екологізації енергетичної галузі

5.1. Загальні екологічні проблеми традиційної енергетики

Перед людством стоять три глобальні проблеми: продовольча, енергетична та екологічна безпека. Ці проблеми тісно пов'язані між собою. Ці питання є актуальними для ЄС та України. Особливе значення енергетики у вирішенні цих проблем полягає в тому, що рівень розвитку економіки країни безпосередньо залежить від рівня розвитку, а також стану навколишнього середовища. Кожен етап розвитку супроводжувався все більшим енергоспоживанням та сильним загостренням екологічних проблем. Важливим завданням є дослідження умов утворення шкідливих викидів під час виробництва теплової та електричної енергії та їх впливу на навколишнє середовище з метою розроблення методів (засобів) їх нейтралізації. Актуальність цих проблем в Україні характеризується не тільки недосконалістю енергетичних технологій, високим споживанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), а й високою енергоємністю національної економіки.

Викиди пилу, оксидів сірки та азоту, зношеність генеруючих потужностей, що призводить до збільшення питомої витрати палива, низька якість вугілля, відсутність достатніх інвестицій в обладнання – усі ці фактори призвели до того, що Україна значно відстала від сусідніх європейських країн з точки зору екологічних стандартів.

Викиди пилу, оксидів сірки й азоту тепловими станціями України в кілька разів перевищують відповідні норми розвинених країн. У 2010 р. Україна ратифікувала Протокол про приєднання до Договору про створення

Енергетичного співтовариства, у рамках якого взяла на себе зобов'язання відповідати нормам Директиви 2001/80/ЄС зі зниження викидів забруднювальних речовин (пилу, оксидів сірки й азоту) великими паливоспалювальними установками. Чинні норми України щодо викидів представлені наказом Міністерства охорони навколишнього середовища №309 від 27.06.2006 р. «Про затвердження нормативів ГДВ забруднюючих речовин зі стаціонарних джерел», який визначає нормативи ГДВ для чинних, нових, проєктованих, споруджуваних і модернізованих стаціонарних джерел, і наказом №541 від 22.10.2008 р. «Про затвердження технологічних нормативів допустимих викидів забруднюючих речовин із теплосилових установок номінальною тепловою потужністю від 50 МВт», який передбачає оснащення енергогенерувальних об'єктів газоочисним устаткуванням з метою доведення питомих викидів до рівня європейських нормативів.

Для виконання Україною державних зобов'язань щодо скорочення викидів забруднювальних речовин від великих спалювальних установок у рамках комплексної програми покращення екології необхідно розробити план скорочення викидів діоксиду сірки, оксидів азоту та пилу, визначити цілі, завдання, заходи та строки досягнення цих цілей і завдань усіма галузями економіки України, джерела фінансування, а також механізм контролю за їх виконанням. Крім того, необхідно розробити та впровадити заходи щодо комбінованого спалювання вугілля та біомаси з метою скорочення викидів вуглецю, сірки та азоту.

Золошлакові відвали багатьох ТЕС заповнені вщент, подальше встановлення золошлаків потребує надання великих площ цінних сільськогосподарських угідь.

Для вирішення цих проблем необхідно: змінити законодавчу базу щодо віднесення золи та шлаку до побічного продукту спалювання вугілля; розробити комплекс організаційно-управлінських, наказово-методичних та техніко-технологічних заходів щодо подальшого поводження з побічними

продуктами спалювання вугілля; сприяти використанню золошлаків та інших відходів газопереробки як вторинної сировини для різних галузей економіки.

Обсяг викидів парникових газів в Україні становить понад 400 млн т CO₂-екв. на рік, основними компонентами є CO₂ (близько 80 %) і метан (понад 15 %). Найбільшими джерелами викидів є підприємства енергетичної галузі (70 %), при цьому ТЕС виробляють менше ніж 30 % від цього обсягу.

Україна входить до числа країн, які підписали й ратифікували Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату та Кіотський протокол. У рамках цих договорів Україна взяла на себе зобов'язання не перевищувати рівень викидів 1990 р., який становить 920 млн. т у CO₂-екв., що більш ніж у 2 рази вище за поточний рівень викидів, отже Україна має значний потенціал із торгівлі квотами та роботи в рамках механізму спільного здійснення.

Розвиток усіх складових енергетичного сектора економіки разом з галузями видобутку, транспортування, переробки та споживання ресурсів впливає на різні компоненти навколишнього середовища. Характерною рисою цього впливу є його багатоплановість (одночасний вплив на різні елементи навколишнього середовища), розмаїтість характеру впливу (від механічних змін ландшафту до радіоактивного забруднення), а також масштаб (негативні ефекти проявляються не тільки на регіональному, але й на глобальному рівнях).

5.2. Механізми впливу енергетичної галузі на навколишнє середовище

На рис. 2 показано, що енергетика України охоплює процеси виробництва (видобування), перетворення, транспортування паливно-енергетичних ресурсів, виступає складною виробничо-технологічною, еколого-економічною системою, яка активно впливає на навколишнє середовище.

З огляду на останні негативні тенденції на енергетичному ринку України (перш за все це стосується такої складової, як природний газ та його

постачання із країни-агресора) найпершим кроком має виступати скорочення використання природного газу за рахунок збільшення частки твердого палива у структурі виробництва електричної й теплової енергії.

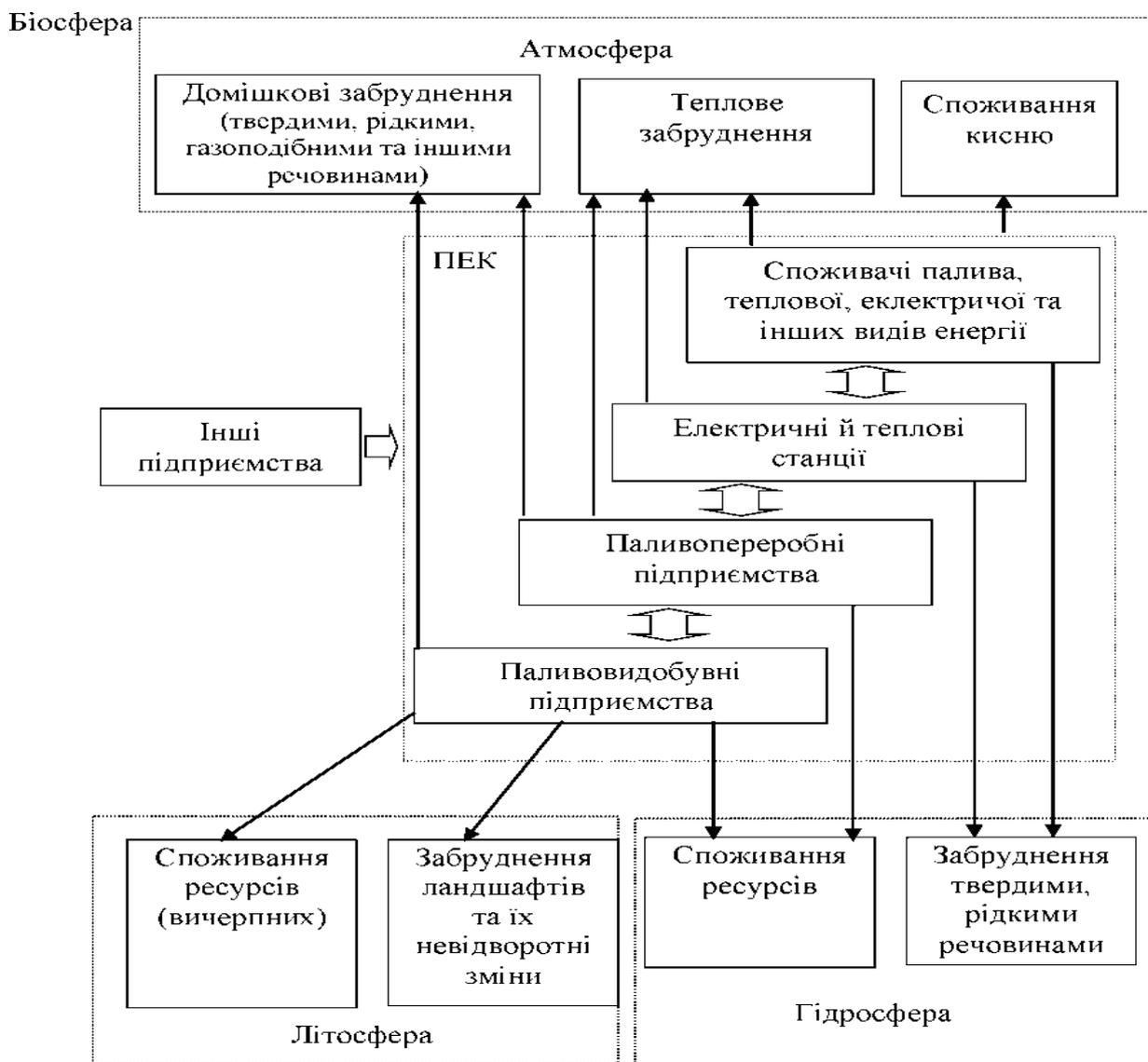


Рисунок 2 – Схема впливу основних учасників енергетичної системи України на навколишнє середовище

Перерозподіл видів палива, що використовуються в Україні, на користь твердого палива (згідно з Енергетичною стратегією до 2030 року планувалося подвоїти видобуток вугілля) не тільки погіршить екологічну ситуацію, а й вплине, насамперед, на великі промислові центри. Цього насправді не

станеться, оскільки збільшення частки вугілля в енергетичному балансі України, по-перше, стане тягарем для бюджету України (через завищення цін на імпорт вугілля), а по-друге, призведе до збільшення навантаження на навколишнє середовище та загострення соціальних проблем. Крім того, основні місця покладів вугілля на даний час є окупованими територіями. Зважаючи на екологічну проблему, слід зазначити, що видобуток вугілля спричиняє значні локальні екологічні проблеми (які переростають у загальнодержавні), як от: забруднення річок, інших водойм, повітря та під час перетворення на електроенергію шляхом спалювання на теплових електростанціях забруднює повітря забруднювачами, пилом тощо. Крім того, збільшення видобутку вугілля призведе до збільшення рівня викидів парникових газів, що суперечить міжнародному процесу боротьби зі зміною клімату.

Уже в енергетичній стратегії до 2035 року передбачено поступове зниження частки вугілля у структурі всього первинного енергопостачання України. пріоритетним Отже, напрямом для України має стати максимальне використання потенціалу енергозбереження та відновлюваних джерел енергії.

5.3. Основні напрями екологізації енергетичної галузі

З огляду на очікувані значні зміни та активний розвиток паливно-енергетичного комплексу України основними завданнями держави у сфері екології є забезпечення раціонального використання природних ресурсів та мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище включно з суспільно-економічними пріоритетами, фінансовими та технічними обмеженнями, вимогами національного законодавства, а також міжнародними природоохоронними зобов'язаннями України.

Основними принципами реалізації цих завдань є:

– забезпечення дотримання національних і міжнародних екологічних стандартів і нормативних актів щодо охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів;

– суттєве зменшення та, за можливістю, мінімізація техногенного впливу підприємств ПЕК на навколишнє середовище та населення шляхом проведення активної політики, спрямованої на підвищення ефективності використання природних ресурсів та енергозбереження;

– зменшення утворення шкідливих речовин у процесі виробничої діяльності шляхом упровадження прогресивних технологій виробництва та здійснення профілактичних заходів з охорони довкілля;

– забезпечення збільшення обсягів виробництва без збільшення техногенного забруднення навколишнього середовища за рахунок використання екологічних та ресурсощадних технологій;

– дотримання відповідних норм і стандартів охорони навколишнього природного середовища під час проектування, будівництва та реконструкції капітальних об'єктів;

– зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище шляхом локалізації (уловлювання) викидів і скидів з подальшим знешкодженням, зберіганням і захороненням;

– зменшення та, за можливістю, усунення небезпечних наслідків уже спричинених негативних впливів на довкілля та населення;

– уникнення надзвичайних ситуацій та інших несистемних, техногенних ситуацій, що негативно впливають на довкілля; завчасна участь громадськості у процесі прийняття рішень про будівництво нових бібліотечних приміщень та інших рішень, які можуть вплинути на здоров'я людей і стан навколишнього середовища.

Для реалізації курсу на мінімізацію негативного впливу паливно-енергетичного комплексу на навколишнє середовище необхідно розробити комплексну довгострокову програму, яка дозволить реалізувати заходи щодо протидії зміні клімату під час збалансування цілей охорони навколишнього середовища, підтримання конкурентоспроможності та забезпечення

енергетичної безпеки відповідно до принципів енергетичної стратегії та міжнародних угод.

Важливими напрямами є:

1. В електроенергетиці та теплоенергетиці: скорочення викидів забруднювальних речовин (пилу, сірки та оксидів азоту) шляхом обов'язкового оснащення енергетичних установок (ТЕЦ, ТЕС та котелень) системами пилогазоочищення з метою привести питомі викиди до рівня європейських стандартів; зменшення викидів вуглецю на одиницю виробленої енергії за рахунок підвищення коефіцієнту корисної дії (ККД) станцій; сприяння утилізації золошлакових відходів та використанню золошлаків як вторинної сировини для різних галузей народного господарства; розвиток генерації на основі ВДЕ та впровадження заходів з енергоефективності та енергозбереження (детальніше описано в розділі «Пріоритетні напрями енергозбереження, потенціал розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії»); зниження витрат на виробництво, передачу та розподіл електричної та теплової енергії.

2. В атомній енергетиці: підвищення безпеки експлуатації під час будівництва, експлуатації та виведення з експлуатації АЕС (включно з виробництвом урану, ядерного палива, генерацією тощо), підвищення КВВП та контроль обсягів викидів і скидів радіоактивних речовин з атомних електростанцій; підвищення безпеки експлуатації реакторів, термін служби яких подовжено; удосконалення механізмів поводження з радіоактивними відходами, спрямованих на забезпечення повного циклу поводження з радіоактивними відходами від моменту їх утворення до моменту захоронення; забезпечення безпечного поводження з відпрацьованим ядерним паливом і прийняти політику щодо його переробки або захоронення.

3. У вуглевидобутку: підвищення ефективності попередньої дегазації вугільних покладів, зниження потенційної небезпеки газифікації гірничих робіт, запобігання проявам газодинамічних явищ; запобігання утворенню осередків горіння на породних відвалах шляхом покриття відвалів інертними

матеріалами, рекультивації тощо; запобігання термічному та хімічному забрудненню поверхневих і підземних вод шляхом значного зменшення теплових і хімічних скидів від підприємств за рахунок удосконалення технологій виробництва, систем водопостачання та очищення стічних вод з використанням екологічно безпечних фільтрувальних і поглинальних матеріалів і реагентів; упровадження технологій демінералізації високомінералізованих шахтних вод та встановлених норм і правил скиду слабомінералізованих шахтних вод у річки та водойми; запобігання надходженню забруднених дренажних вод зі звалищ і звалищ, насичених токсичними елементами, у річки, водойми та підземні водоносні горизонти; розроблення закритих (зворотних) систем водопостачання для технологічних потреб на основі використання очищеної шахтної води, також підприємствами інших галузей; упровадження технологій і виробництв з використанням гірських відходів видобутку та переробки вугілля, зокрема як вторинних енергоносіїв для виробництва будівельних матеріалів та переміщення вироблених площ із шахт; запобігання порушенню природних ландшафтів і забрудненню земної поверхні твердими відходами видобутку та переробки вугілля; підвищення безпеки видобутку вугілля та зменшення викидів метану в атмосферу за рахунок використання технологій дегазації шахт; у видобутку газу та нафти: зменшення негативного впливу на навколишнє середовище окремих речовин, що використовуються або утворюються у процесі виробництва, зокрема бурових розчинів, що утворюються під час буріння свердловин тощо; підвищення екологічної безпеки процесу ГРП, у тому числі: зниження ризику потрапляння розчину, який використовується при ГРП, до джерел води та ґрунту, зокрема шляхом бетонування; а також повторне використання або очищення рідин, що використовуються для гідророзриву; використання сучасного обладнання під час виробництва і навіть для зменшення спалювання попутного нафтового газу; підвищення екологічної безпеки під час видобутку на глибоководному шельфі, зокрема розроблення системи реагування в надзвичайних ситуаціях (розлив нафти, розрив

свердловини, пошкодження танкерів); планування та реалізація комплексу заходів щодо поводження із зазначеними обсягами відходів, забруднених штучними та укріпленими джерелами природного походження.

4. У виробництві та споживанні нафтопродуктів: планомірне підвищення якості нафтопродуктів, реалізованих на території України, відповідно до стандартів Європейського союзу стосовно вмісту у вихлопних газах окису вуглецю, оксидів сірки (Директива 1999/32/ЕС) й азоту та продуктів неповного згоряння ароматичних вуглеводнів зокрема, підвищення стандарту якості нафтопродуктів до Євро-5, зважаючи на темпи підвищення глибини переробки на вітчизняних НПЗ; контроль над дотриманням стандартів екологічної безпеки під час утилізації побічних продуктів виробництва та відходів (сірка, кокс) і зниження викидів забруднювальних речовин у процесі нафтопереробки; стимулювання використання більш економічного транспорту з меншою питомою витратою палива; стимулювання підвищення екологічності транспорту за рахунок підвищення вимог до екологічного класу автотранспорту, який випускається на території України, більш широкого поширення альтернативних видів палива, а також розвитку біопалив і просування машин, які споживають суміші з високим умістом біопалива; зниження забруднення навколишнього середовища під час виробництва нафтопродуктів за рахунок модернізації устаткування та контролю над процесом переробки, збільшення ефективності чинного процесу роботи, а також застосування технологій уловлювання та зберігання вуглецю.

Тема 6: Потенціал сонячної енергії та енергії вітру

6.1. Структура джерел відновлюваної енергетики

6.2. Потенціал сонячної енергетики

6.3. Потенціал вітрової енергетики

6.1. Структура джерел відновлювальної енергетики

Відновлювані джерела енергії є постійними або періодичними енергетичними потоками, які існують у навколишньому середовищі. Вони можуть бути розділені на дві основні групи: пряму енергію сонячного випромінювання та вторинні прояви енергії сонячного випромінювання, такі як енергія вітру, гідроенергія, теплова енергія навколишнього середовища, енергія біомаси та інші. ВДЕ можуть бути класифіковані як промениста енергія Сонця, енергія вітру, гідроенергія течій води, хвиль, припливів, теплова енергія оточуючого середовища (Землі, повітря, морів та океанів), енергія біомаси та геотермальна енергія. Виникнення енергії відновлюваних джерел пов'язане з термоядерними процесами на Сонці та гравітаційною взаємодією Сонця, Землі та Місяця. Геотермальну енергію також відносять до ВДЕ, хоча її теплова енергія виділяється в результаті хімічних реакцій і розпаду радіоактивних елементів, що обмежує її як джерело енергії.

Сонце є специфічним гідродинамічним об'єктом з дуже високою температурою, яка забезпечує синтез водню та гелію і вивільнення енергії у вигляді високочастотного електромагнітного випромінювання. Це випромінювання, яке доходить від надр Сонця до його поверхні, перевипромінюється і поступово доходить до Землі.

Випромінювання, яке досягає Землі, виходить із тонкого поверхневого шару Сонця, що називається фотосферою. Потужність випромінювання Сонця надзвичайно велика – 384020 МВт. Загальна енергетична система Землі показана на рис. 3 [3].

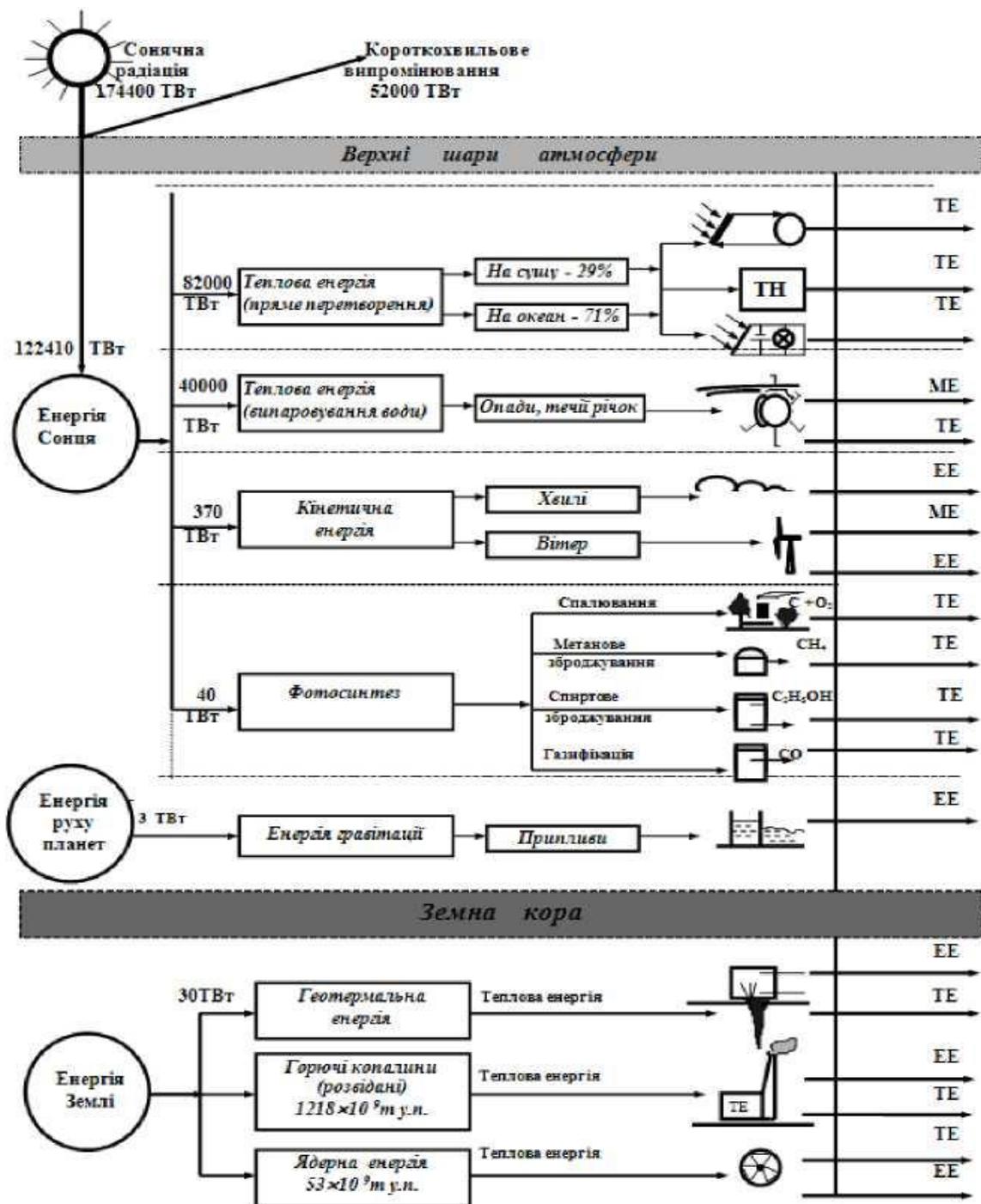


Рисунок 3 – Схема енергетичного балансу планети

Земна енергетична система складається з двох частин: динамічний потік енергії, що поширюється над поверхнею Землі, та статичний запас енергії, що знаходиться під поверхнею Землі, у вигляді органічного палива, ядерної та геотермальної енергії. Земля отримує три енергетичні потоки з наступними потужностями: сонячне випромінювання 174400 TВт; гравітаційна енергія

планет 3 ТВт; тепловий потік із середини Землі 30 ТВт. Більше 70 % сонячної радіації є основним компонентом енергетичного балансу Землі з потужністю 122410 ТВт, що в 3710 разів перевищує потужність двох інших енергетичних потоків. Більшість цієї енергії поглинається атмосферою, сушею та океанами і перетворюється на теплову енергію, яку можна використовувати технічними засобами. За один рік Земля отримує 13304027 Ккал теплової енергії. Всього поглинається майже 11 000 разів більше енергії, ніж щорічно використовується планетою. Фотосинтез перетворює 1-2 % сонячної енергії на хімічну, яка зберігається у вигляді органічних сполук, але навіть цієї невеликої частки достатньо для існування всього живого світу [3]. За один рік Земля отримує 13304027 Ккал теплової енергії від сонця. Більша частина цього тепла зберігається в атмосфері і лише 2,5 % перетворюється на енергію вітру 25,5 % сонячних променів після проходження через атмосферу потрапляють на водні ресурси, але лише 0,04% виробляють гідроенергію. 14,5% сонячних променів падає на тверду поверхню, але лише 0,12% перетворюється на хімічну енергію. Загальна кількість сонячної енергії, яка досягає земної поверхні за рік, у 50 разів перевищує загальну кількість енергії, яку можна видобути з розвіданих світових запасів викопного палива [3, 4].

Використання відновлюваних джерел енергії має переваги перед традиційними джерелами, оскільки вони є екологічними та невичерпними, що сприяє збереженню довкілля та попереджує дисбаланс у енергетичному секторі. Використання відновлюваних джерел енергії зменшує потребу у видобутку, переробці та транспортуванні палива, а також усуває проблему використання та утилізації небезпечних відходів. Однак, недоліком відновлюваних джерел є стохастичність енергетичних потоків, що може ускладнювати їх використання. Якість відновлюваних джерел енергії можна розділити на три групи: відновлювані джерела механічної енергії, такі як гідроенергія, енергія вітру та енергія хвиль і припливів. Вони мають високу якість та зазвичай використовуються для виробництва електроенергії. Коефіцієнт використання вітрової енергії становить до 30 %, гідроенергії –

60%, а енергії хвиль і припливів – 75 %. На жаль, досягнення високої ефективності перетворення енергії у всьому спектрі сонячного випромінювання є складним завданням. і на практиці ККД фотоелектричних елементів поки що не перевищує 25 %.

Особливості природних умов та господарської діяльності визначають регіональні відмінності потенціалу нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії (табл. 4-8, рис. 4, 5).

Таблиця 4 – Рейтинг областей України за сумою нормованого потенціалу на основі даних технічно-досяжного потенціалу НВДЕ [3, 4]

Рейтинг	Область	Сума нормованого потенціалу НВДЕ
1	Херсонська	3,10
2	Закарпатська	2,90
3	Миколаївська	2,78
4	Полтавська	2,73
5	Кіровоградська	2,60
6	Чернігівська	2,19
7	Харківська	2,03
8	Запорізька	2,02
9	АР Крим	1,95
10	Сумська	1,95
11	Львівська	1,72
12	Луганська	1,65
13	Хмельницька	1,42
14	Черкаська	1,40
15	Вінницька	1,37
16	Житомирська	1,25
17	Тернопільська	1,23
18	Дніпропетровська	1,21
19	Донецька	1,21
20	Волинська	1,17
21	Івано-Франківська	1,17
22	Київська	1,13
23	Рівненська	1,03
24	Одеська	0,95
25	Чернівецька	0,90

Необхідно підкреслити, що у розрахунку вказаних даних таблиці 4 використовувались значення технічного або технічно-досяжного енергетичного потенціалу, який визначається з урахуванням стану сучасного розвитку технічної та технологічної бази відновлювальної енергетики і, як правило, встановлюється на певний термін (5-10 років). Крім того, при проведенні розрахунків технічного енергетичного потенціалу НВДЕ враховується також стан економічного розвитку країни – показники технічного енергопотенціалу залежать від спроможності закупівлі та впровадження найбільш сучасної світової техніки і технологій або необхідності орієнтуючись на власний рівень розвитку. Варто наголосити, що поняття «технічно-досяжний потенціал» не є тотожним поняттю «економічно-доцільний потенціал». Економічний або економічно-доцільний потенціал є найскладнішим для розрахунків, тому що при його визначенні враховують цілий ряд факторів – стан економічного розвитку, соціальні, техніко-технологічні та політичні фактори країн і територій [5].

Таблиця 5 – Рейтинг областей України за питомими значеннями нормованого потенціалу НВДЕ на основі даних доцільно-економічного потенціалу

Область	Сонячна енергетика, МВтгод/рік	Гідроенергетичний потенціал малих рік (кВтгод/рік)	Енергія низько потенціальної теплоти ґрунту та ґрунтових вод (МВтгод/рік)	Теплова енергія стічних вод (МВтгод/рік)
АР Крим	0,40	0,03	0,08	0,31
Вінницька	0,41	0,06	0,34	0,08
Волинська	0,47	0,03	0,30	0,07
Дніпропетровська	0,14	0,01	0,11	1,00
Донецька	0,01	0,01	0,69	0,55
Житомирська	0,63	0,07	0,36	0,08
Закарпатська	0,20	1,00	0,03	0,01
Запорізька	0,42	0,01	0,20	0,48
Івано-Франківська	0,16	0,08	0,00	0,32

Київська	0,00	0,01	0,01	0,74
Кіровоградська	0,77	0,05	0,97	0,13
Луганська	0,26	0,05	1,00	0,25
Львівська	0,10	0,20	0,05	0,64
Миколаївська	0,70	0,04	0,08	0,22
Одеська	0,42	0,00	0,06	0,38
Полтавська	0,51	0,07	0,09	0,24
Рівненська	0,40	0,07	0,19	0,14
Сумська	0,55	0,07	0,21	0,09
Тернопільська	0,27	0,11	0,17	0,05
Харківська	0,21	0,03	0,02	0,64
Херсонська	1,00	0,00	0,15	0,10
Хмельницька	0,38	0,06	0,11	0,10
Черкаська	0,40	0,07	0,41	0,27
Чернівецька	0,11	0,27	0,12	0,00
Чернігівська	0,86	0,04	0,12	0,12
Середнє значення	0,39	0,10	0,23	0,28

Таблиця 6 – Нормований потенціал НВДЕ на основі даних технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси

Область	Енергетичний потенціал деревини, т.у.п	Енергетичний потенціал біогазу, т.у.п	Енергетичний потенціал, рослинної біомаси (зернобобових культур, олійних культур та соняшника, рослинні відходи кукурудзи), т.у.п	Інші відновлювані органічні енергоносії (біогаз звалищ та стоків, моторне біопаливо, торф), т.у.п
АР Крим	0,05	0,28	0,07	0,22
Вінницька	0,28	0,82	0,28	0,41
Волинська	0,60	0,71	0,04	0,02
Дніпропетровська	0,02	0,18	0,39	0,34
Донецька	0,03	0,06	0,23	0,03
Житомирська	1,00	0,44	0,05	0,07
Закарпатська	0,90	0,11	0,00	0,01
Запорізька	0,00	0,27	0,60	0,18
Івано-Франківська	0,33	0,08	0,00	0,01
Київська	0,19	0,12	0,03	0,16

Кіровоградська	0,24	0,63	1,00	0,66
Луганська	0,15	0,13	0,21	0,39
Львівська	0,27	0,38	0,00	0,00
Миколаївська	0,06	0,39	0,63	0,43
Одеська	0,05	0,00	0,11	0,04
Полтавська	0,14	0,74	0,51	0,70
Рівненська	0,50	0,76	0,04	0,08
Сумська	0,62	0,70	0,16	0,57
Тернопільська	0,24	0,75	0,09	0,22
Харківська	0,19	0,29	0,21	0,58
Херсонська	0,13	0,51	0,37	1,00
Хмельницька	0,36	0,85	0,12	0,46
Черкаська	0,37	0,35	0,17	0,01
Чернівецька	0,77	0,70	0,08	0,03
Чернігівська	0,92	1,00	0,16	0,32
Середнє значення	0,34	0,45	0,22	0,28

Таблиця 7 – Потенціал встановленої потужності відновлюваних джерел в областях України, МВт

Області	Енергія Сонця	Енергія вітру	Енергія малих річок	Геотермальна енергія	Енергія біомаси	Усього
Автономна Республіка Крим	3 603	22 128	1	840	1 273	27 844
Вінницька	3 646	13 393	24	40	6 192	23 295
Волинська	2 770	7 184	1	40	2 239	12 234
Дніпропетровська	4 388	38 978	2	120	5 128	48 616
Донецька	3 646	32 387	5	200	2 835	39 072
Житомирська	4 102	10 640	8	50	4 575	19 374
Закарпатська	1 757	1 163	132	1 400	1 209	5 661
Запорізька	3 737	33 196	0	40	3 646	40 620
Івано-Франківська	1 911	2 416	59	600	1 671	6 658
Київська	3 868	11 983	3	40	4 961	20 855
Кіровоградська	3 381	21 226	15	40	4 482	29 144
Луганська	3 669	32 591	2	80	2 042	38 384
Львівська	3 002	8 015	46	1 400	2 672	15 135
Миколаївська	3 382	30 043	3	80	3 435	36 943
Одеська	4 580	34 719	1	240	4 912	44 453
Полтавська	3 953	14 522	6	1 400	5 662	25 544
Рівненська	2 756	7 745	3	40	2 594	13 139
Сумська	3 277	11 096	2	560	5 009	19 945
Тернопільська	1 901	6 983	12	80	3 019	11 995

Харківська	4 320	27 119	10	1 300	5 160	37 908
Херсонська	3 913	34 761	1	1 300	3 360	43 335
Хмельницька	2 839	10 429	8	40	4 668	17 984
Черкаська	2 874	10 558	8	40	4 150	17 630
Чернівецька	1 113	2 414	24	40	1 252	4 843
Чернігівська	4 381	12 311	1	800	5 932	23 425
Разом	82 768	438 000	376	10 810	92 078	624 033
Територіальні води та внутрішні водойми		250 000				
Усього	82 768	688 000	376	10 810	92 078	874 033

Таблиця 8 – Потенціал середньорічного виробітку електроенергії за рахунок ВДЕ України, млн кВт*год/рік

Області	Енергія Сонця	Енергія вітру	Енергія малих річок	Геотермальна енергія	Енергія біомаси	Усього
Автономна Республіка Крим	4 323	60 090	3	6 255	5 236	75907
Вінницька	4 375	36 371	83	298	25 327	66453
Волинська	3 324	19 510	4	298	8 310	31446
Дніпропетровська	5 266	105849	7	894	20 646	132662
Донецька	4 375	87 949	16	1 489	11 673	105502
Житомирська	4 922	28 893	27	372	16 619	50834
Закарпатська	2 108	3 157	439	10 424	4 180	20308
Запорізька	4 485	90 148	1	298	14 089	109020
Івано -Франківська	2 294	6 562	196	4 468	6 415	19935
Київська	4 642	32 540	11	298	20 116	57606
Кіровоградська	4 057	57 641	53	298	17 724	79 773
Луганська	4 403	88 503	7	596	8 032	101540
Львівська	3 602	21 766	153	10 424	10 428	46373
Миколаївська	4 059	81 584	11	596	13 448	99697
Одеська	5 496	94 283	5	1 787	19 693	121264
Полтавська	4 743	39 437	22	10 424	22 425	77051
Рівненська	3 308	21 033	10	298	9 396	34045
Сумська	3 933	30 133	8	4 170	19 445	57689
Тернопільська	2 281	18 963	42	596	12 301	34182
Харківська	5 183	73 645	33	9 680	20 171	108713
Херсонська	4 696	94 397	2	9 680	13 212	121987
Хмельницька	3 406	28 321	29	298	18 719	50774
Черкаська	3 449	28 671	28	298	16 964	49410
Чернівецька	1 336	6 554	80	298	4 714	12982
Чернігівська	5 258	33 433	2	5 957	22 879	67528

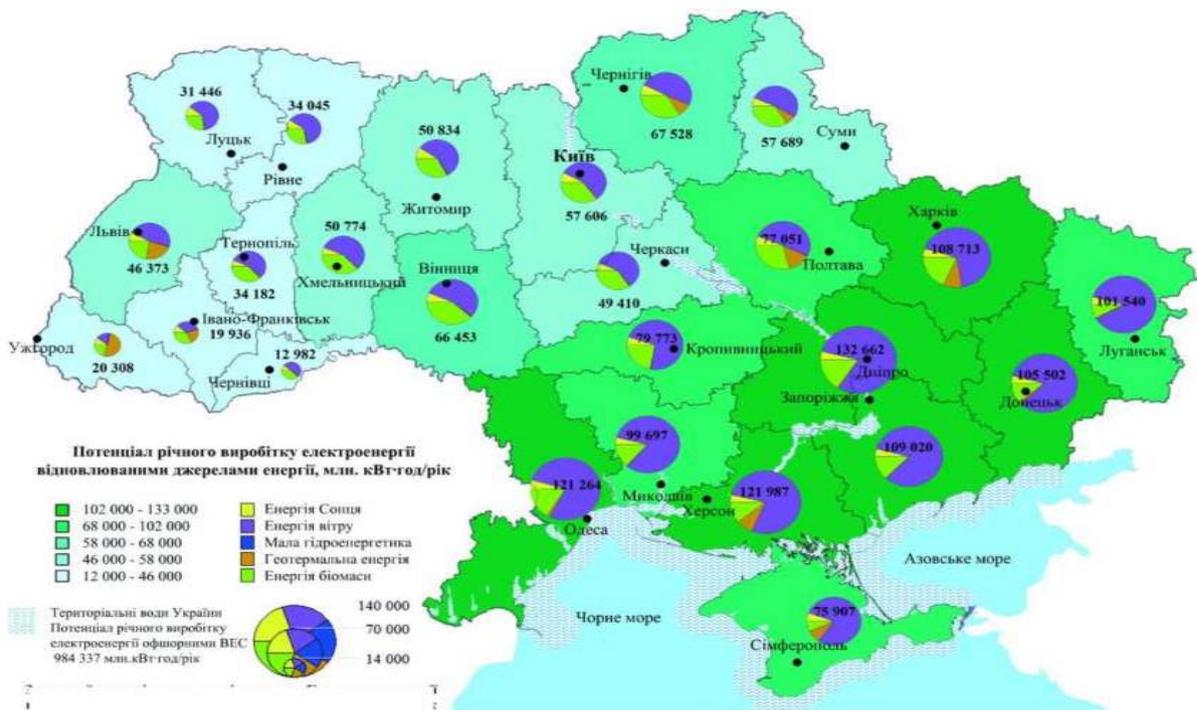


Рисунок 5 – Розподіл сумарного річного технічно-досяжного потенціалу виробітку електроенергії за рахунок ВДЕ по території України, млн кВт·год/рік

У 2018 році Україна стала повноправним членом Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики. За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, станом на 01 січня 2020 року в Україні налічується 23110 (1142 промислових та 21968 побутових ТЕЦ) об'єктів відновлюваної електроенергетики, що підпадають під дію «зеленого» тарифу, загальною потужністю 6932 МВт, у тому числі [3] 852 ТЕЦ загальною потужністю 4.925 МВт; 69 вітрових електростанцій загальною потужністю 1170 МВт; 21968 побутових ТЕЦ загальною потужністю 553 МВт; 157 гідроелектростанцій загальною потужністю 114 МВт; 49 біогазових установок загальною потужністю 86 МВт; 15 станцій на біомасі загальною потужністю 84 МВт.

6.2. Потенціал сонячної енергії

Сонячна енергія – одне з найбільш перспективних і динамічних

відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Україна має досить сприятливі умови для використання сонячної енергії. Середньорічна сумарна сонячна радіація на 1 м² площі даху в Україні коливається від 1070 кВт·год/м² на півночі країни до 1400 кВт·год/м² і більше на півдні України. Розподіл основних кліматичних індикаторів виглядає так: радіаційний режим території характеризується коливанням середньої тривалості сонячного сяйва на рік від 1690-1850 годин у західних районах Полісся та Лісостепу до 2150-2450 годин у Криму та на узбережжі Чорного й Азовського морів. Загальна кількість радіації, тобто енергії, яка потенційно може бути використана для формування всіх природних процесів, коливається від 1064,9 кВт·год/м² на рік на заході (Карпатський регіон) до 1551,7 кВт·год/м² на півдні Кримського півострова. Середньорічні значення радіаційного балансу, тобто сонячної енергії, що поглинається активним шаром земної поверхні, змінюються по всій території: від 330 кВт/добу² на Волині до 580 кВт/добу² на узбережжі Чорного та Азовського морів і Криму. Розрахунок теоретичної встановленої потужності електростанції базується не тільки на значеннях сонячної радіації, але й на доступній площі для будівництва станцій та коефіцієнті потужності електростанції, який залежить від типу та розташування фотоелектричних модулів, відстані між рядами модулів тощо. Результати наукових досліджень свідчать, що встановлена потужність електростанції становить близько 1 000 кВт/добу на узбережжі Чорного та Азовського морів і в Криму. За результатами наукових досліджень, теоретична встановлена потужність СЕС становить 82768 МВт, а річний потенціал виробництва електроенергії на СЕС в Україні – близько 100 млрд кВт·год/рік.

Під час вибору типу й потужності сонячної електростанції для конкретної місцевості, насамперед, необхідно враховувати специфічні показники сонячної радіації в цій місцевості (рис. 6).

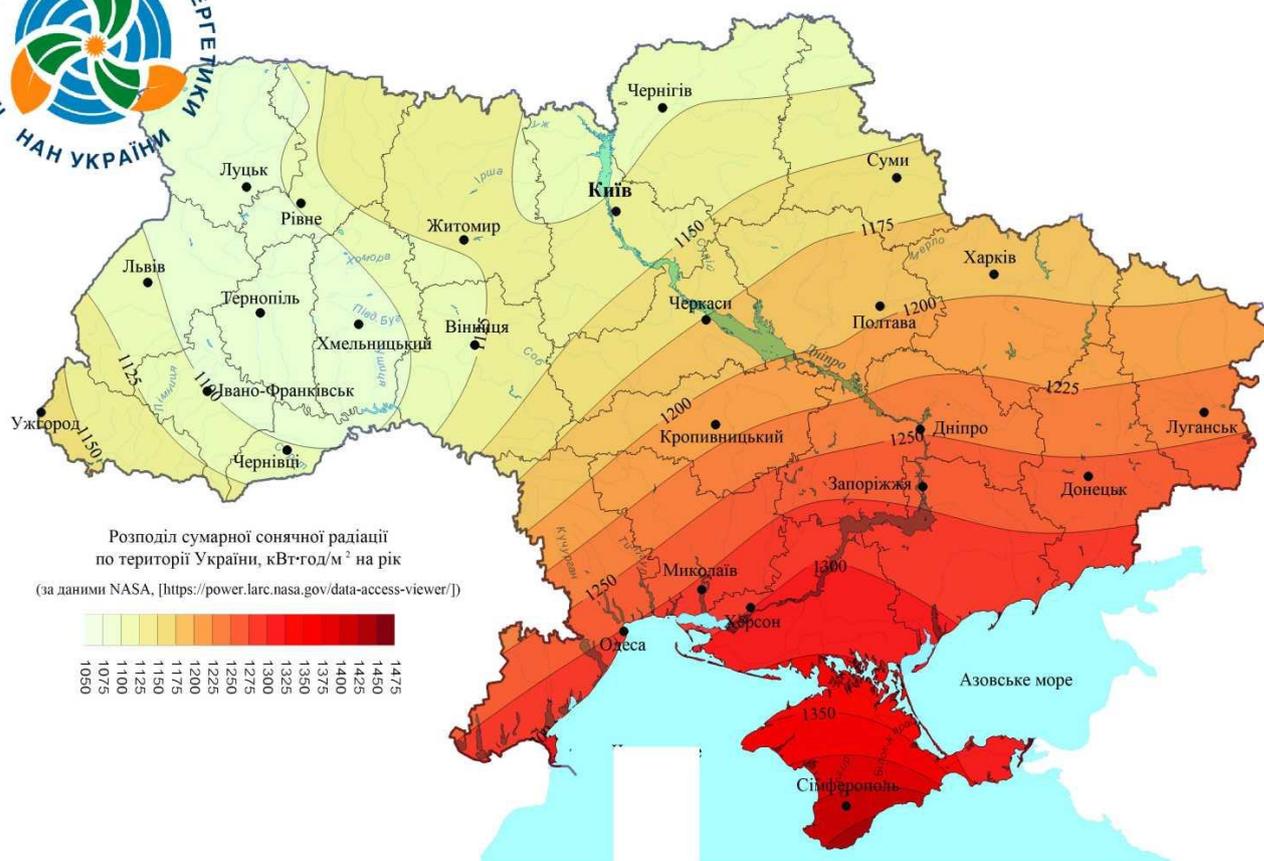


Рисунок 6 – Розподіл сумарної сонячної радіації по території України

Один регіон може мати великий теоретичний потенціал сонячної енергії, що визначається як середньо-багаторічна сумарна сонячна енергія, яка падає на його площу протягом року. Наприклад, теоретичний потенціал сонячної енергії в Україні оцінюється на рівні 88,4 млрд т у.п. Технічно-досяжний потенціал сонячної енергії регіону визначається як середня багаторічна сумарна енергія, яка може бути отримана в регіоні від сонячного випромінювання протягом року з урахуванням сучасного рівня науки і техніки та відповідних екологічних норм. Цей потенціал визначається як сума технічно-досяжних потенціалів електричної та теплової енергії, які можуть бути отримані відповідним перетворенням сонячного випромінювання.

Територіальний розподіл сумарної сонячної радіації, теоретично встановленої потужності та потенціал виробництва електричної енергії

сонячними електростанціями на території України наведено на рисунках 7, 8 та в таблиці 9.

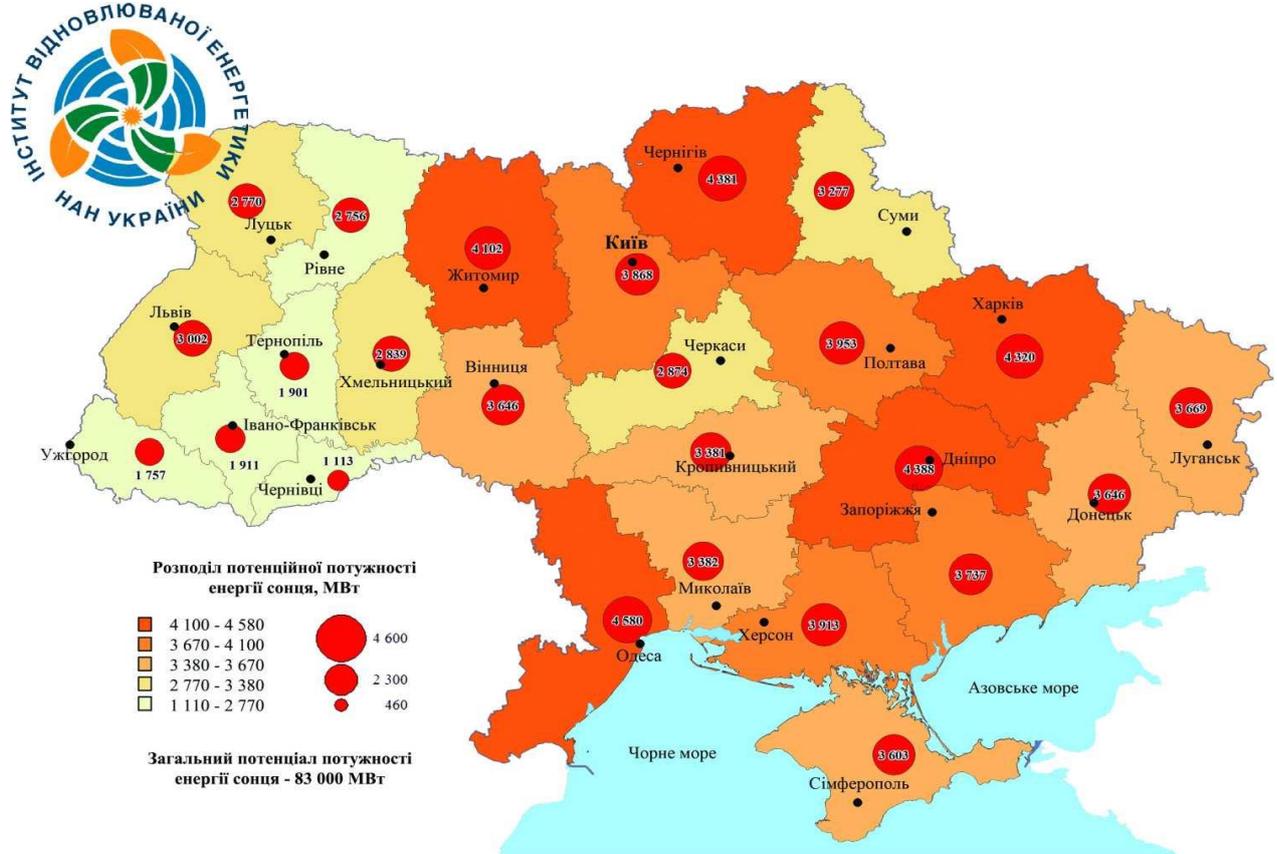


Рисунок 7 – Потенціал потужності енергії сонця

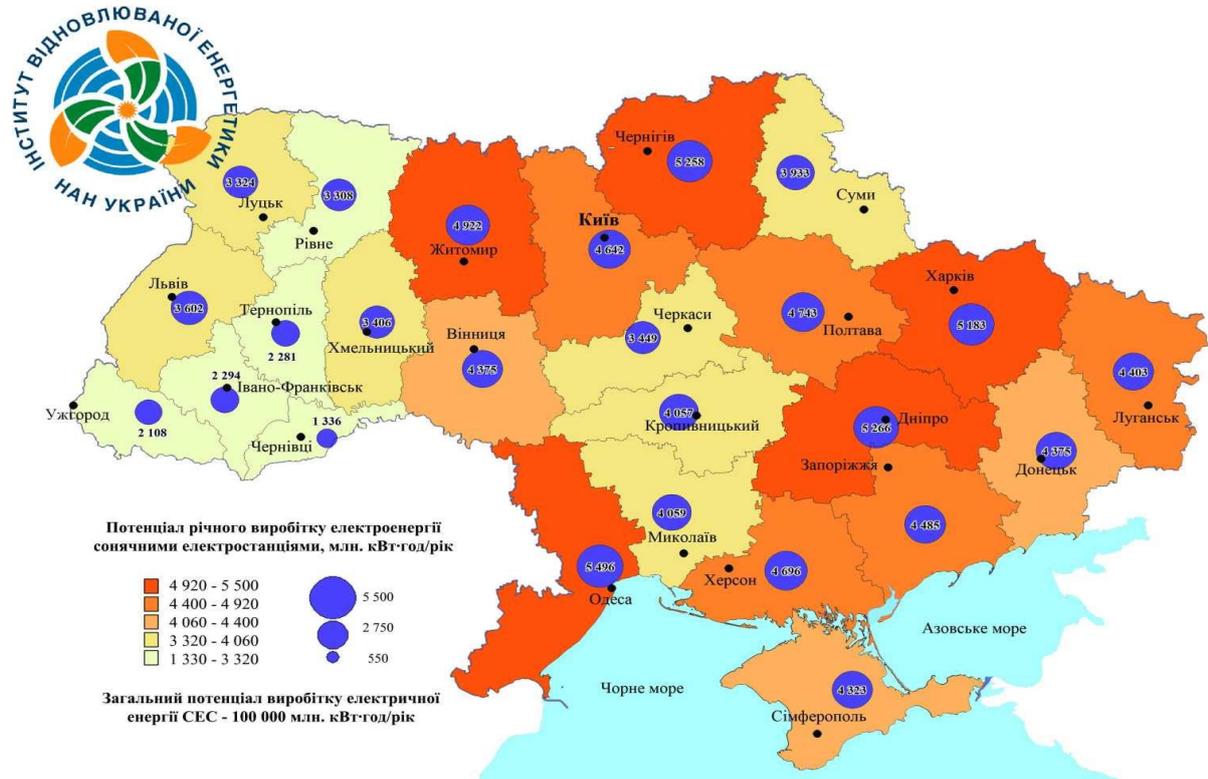


Рисунок 8 – Потенціал сонячної енергії в Україні

Таблиця 9 – Теоретично встановлена потужність та потенціал виробітку електричної енергії СЕС в Україні

№з/п	Область	Площа області, км ²	Теоретична встановлена потужність СЕС, МВт	Площа під будівництво СЕС, км ²	Потенціал виробітку електроенергії СЕС, млн. кВтгод/рік
1	АР Крим	26200	3 603	72.05	4 323
2	Вінницька	26513	3 646	72.91	4 375
3	Волинська	20144	2 770	55.40	3 324
4	Дніпропетровська	31914	4 388	87.76	5 266
5	Донецька	26517	3 646	72.92	4 375
6	Житомирська	29832	4 102	82.04	4 922
7	Закарпатська	12777	1 757	35.14	2 108
8	Запорізька	27180	3 737	74.75	4 485
9	Івано-Франківська	13900	1 911	38.23	2 294
10	Київська	28131	3 868	77.36	4 642
11	Кіровоградська	24588	3 381	67.62	4 057
12	Луганська	26684	3 669	73.38	4 403
13	Львівська	21833	3 002	60.04	3 602
14	Миколаївська	24598	3 382	67.64	4 059
15	Одеська	33310	4 580	91.60	5 496
16	Полтавська	28748	3 953	79.06	4 743
17	Рівненська	20047	2 756	55.13	3 308
18	Сумська	23834	3 277	65.54	3 933
19	Тернопільська	13823	1 901	38.01	2 281
20	Харківська	31415	4 320	86.39	5 183
21	Херсонська	28461	3 913	78.27	4 696
22	Хмельницька	20645	2 839	56.77	3 406
23	Черкаська	20900	2 874	57.48	3 449
24	Чернівецька	8097	1 113	22.27	1 336
25	Чернігівська	31865	4 381	87.63	5 258
Усього			82 768	1655	99 323

Енергетичний потенціал сонячного випромінювання в Україні достатньо великий, щоб мати можливість встановлювати як теплові, так і фотоелектричні системи майже в усіх регіонах. У південних регіонах України ефективний час роботи сонячних водонагрівачів становить 7 місяців (із квітня по жовтень), у північних – 5 місяців (із травня по вересень).

6.3. Потенціал вітрової енергетики

Для обґрунтування стратегічних рішень щодо розвитку електроенергетики необхідно мати оцінки максимальної сумарної потужності технічно можливих та економічно ефективних вітрових електростанцій (ВЕС), створених на території кожної країни [5]. Дослідження вітрових течій показали, що вертикальні профілі вітру насправді більш чутливі до збільшення висоти над землею, ніж вважалося раніше. Крім того, подвоєння номінальної потужності вітрових турбін зменшує як площу, яку займають вітроелектростанції, так і питоме споживання землі, що виводиться із сільськогосподарського використання.

Степова зона є найбільш привабливою для реалізації таких проєктів. Сильні вітри в холодну пору року (рис. 9) зменшують свою силу в теплу пору року, але компенсують це зменшення додатковими місцевими вітрами-бризами.

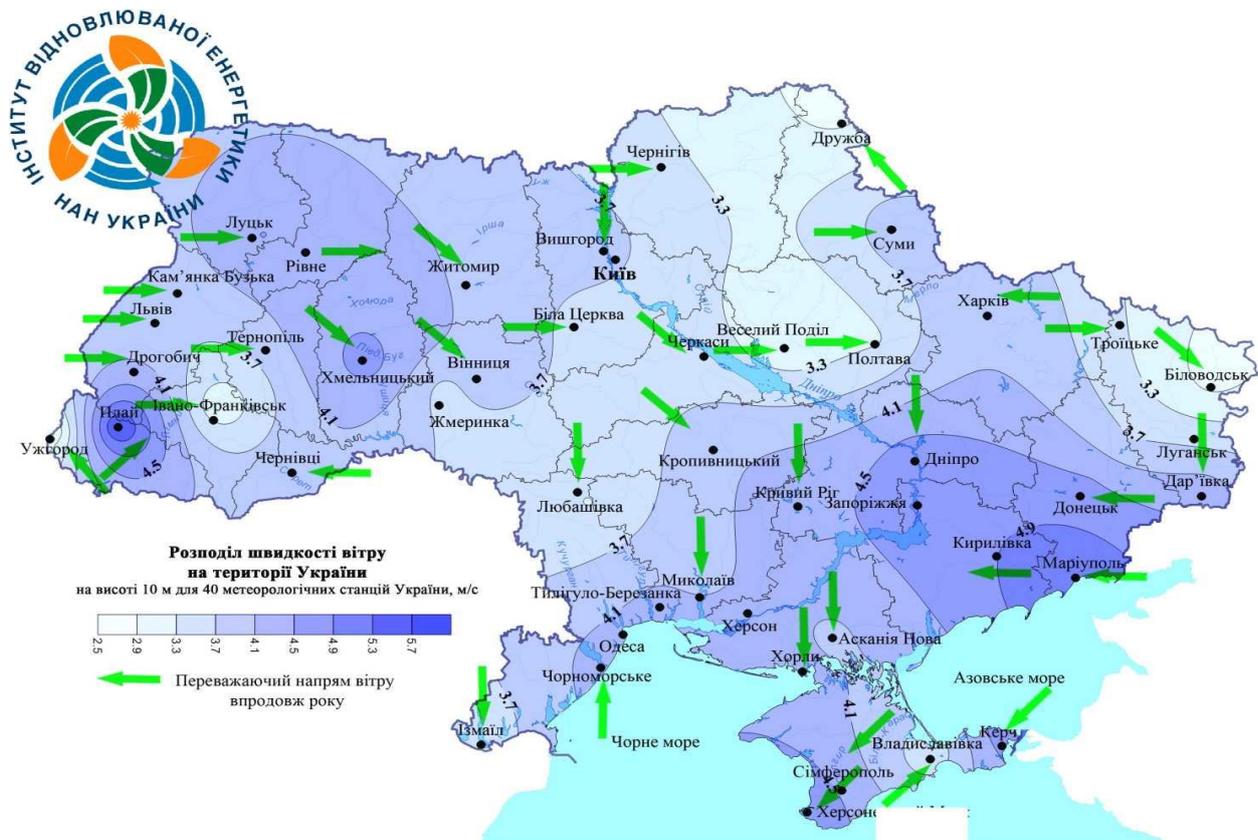


Рисунок 9 – Розподіл швидкості вітру на території України

Ґрунти п'яти областей степової зони не дуже продуктивні й тому малоцінні. Це Автономна Республіка Крим, Миколаївська, Херсонська, Запорізька та Луганська області. Загальна площа цих регіонів, не дуже продуктивних для сільського господарства, але придатних та економічно вигідних для вітрових електростанцій, становить 10 000 тис. га = 100 тис. км².

Добре відомо, що виробництво електроенергії на вітроелектростанціях значною мірою залежить від природних умов на місці розташування вітроелектростанції. За природними умовами територія України поділяється на чотири природні зони (рис. 10) [6].

Мілководдя Азовського та Чорного морів, Дніпровського каскаду та Дністровського водосховища, затоки Сиваш тощо дозволяють будувати економічно ефективні офшорні вітроелектростанції.

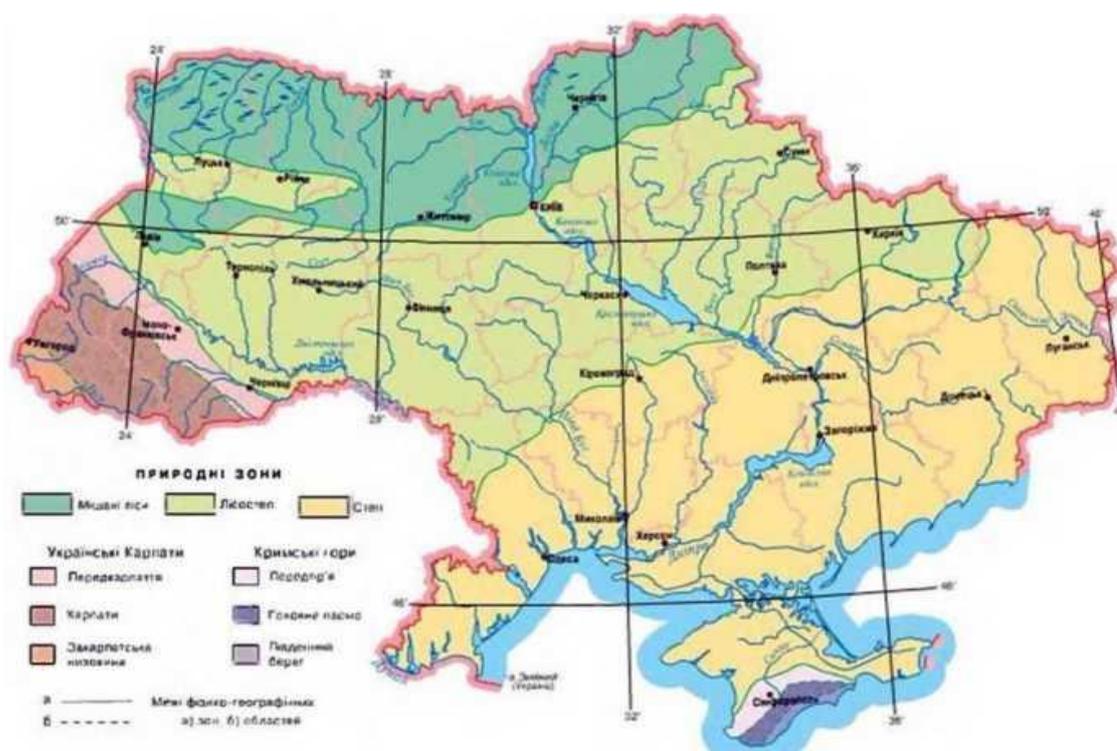


Рисунок 10 – Карта природних зон України

Номінальна потужність вітрової турбіни становить 3 МВт. Щільність розміщення ВТ становить 4 ВТ на 1 квадратний кілометр території.

Мінімальний коефіцієнт установленої потужності (ICF) становить 0,31 для наземних вітроелектростанцій і 0,45 для офшорних вітроелектростанцій. У таблицях 7 та 8 представлено результати розрахунків потенціалу потужності наземних і морських вітроелектростанцій в Україні.

На рисунках 11-13 показано розподіл вітроенергетичного потенціалу на території України, коефіцієнт використання номінальної потужності середньої вітротурбіни класу 3 МВт та потенційне середньорічне виробництво електроенергії вітроелектростанціями [3]. Дані, представлені в таблицях 7 та 8 та на рисунках 9-13, показують, що географічні умови території України дозволяють побудувати 688 ГВт економічно ефективних вітроелектростанцій на базі сучасних моделей вітротурбін 3-мегаватного класу з відповідним річним виробництвом електроенергії майже 2200 млрд кВт-год.

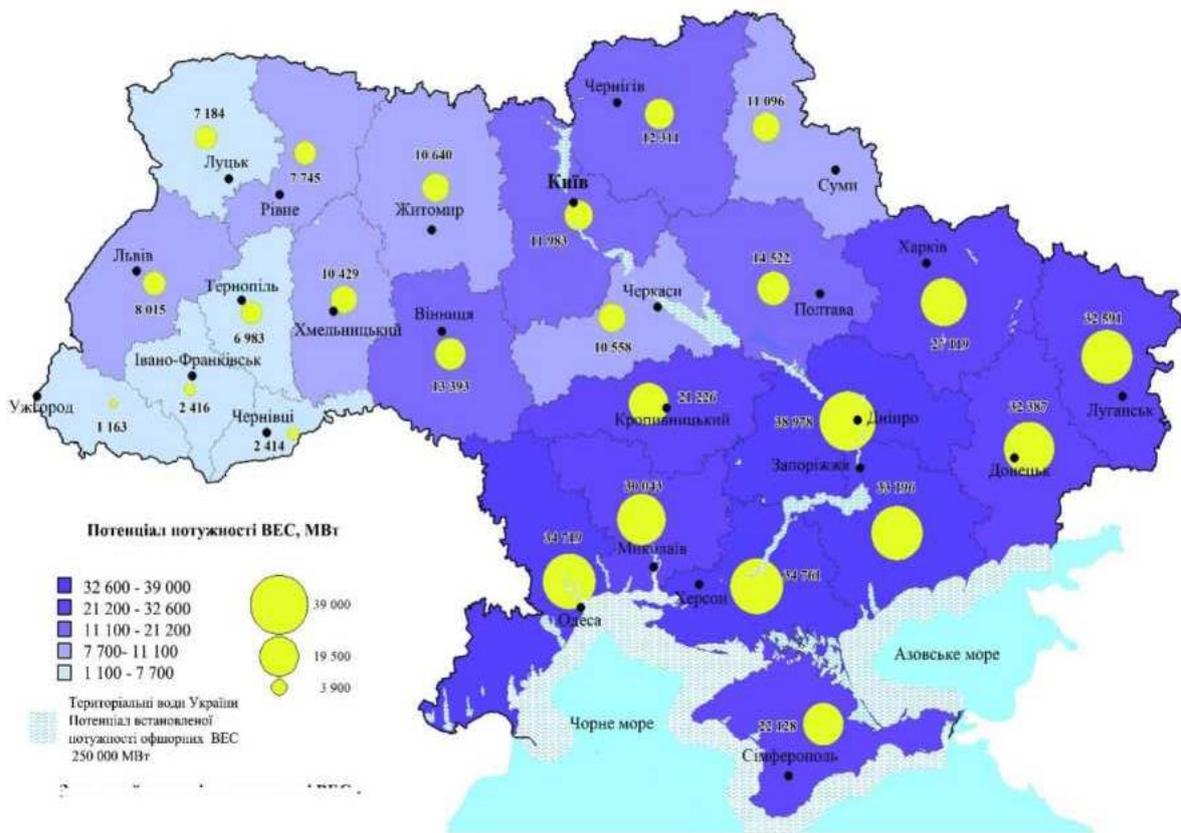


Рисунок 11 – Розподіл територією України потенціалу потужності ВЕС

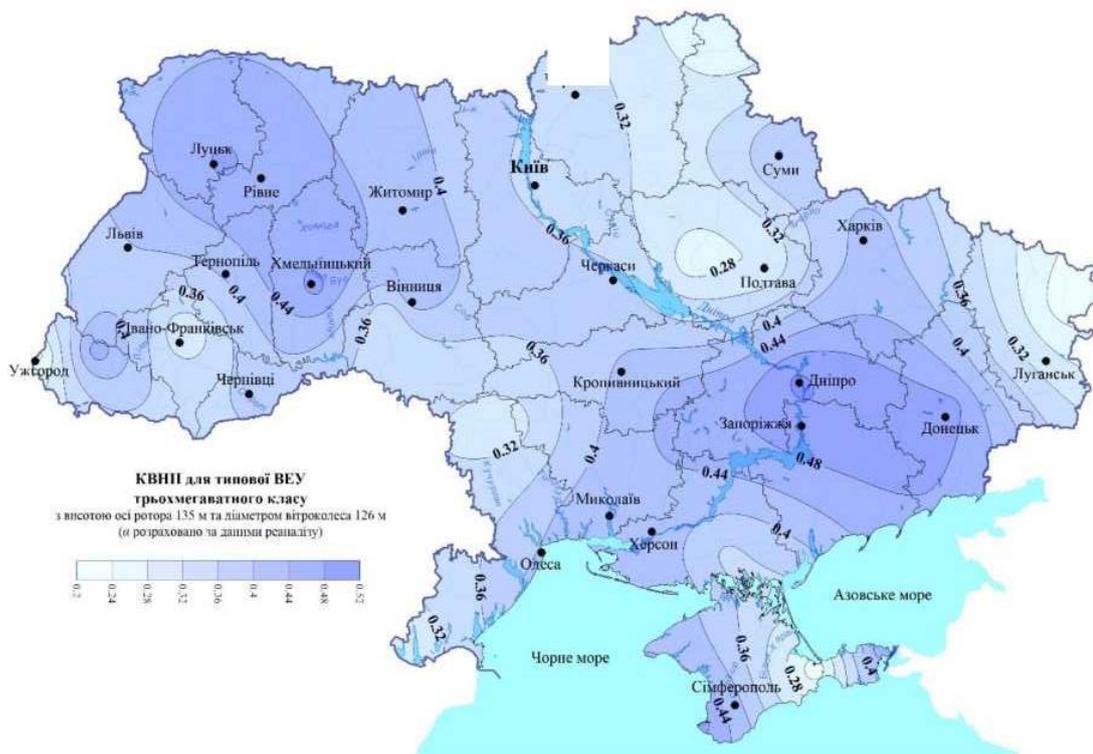


Рисунок 12 – Розподіл територією України КВНП середньостатистичної ВЕУ тримегаватного класу

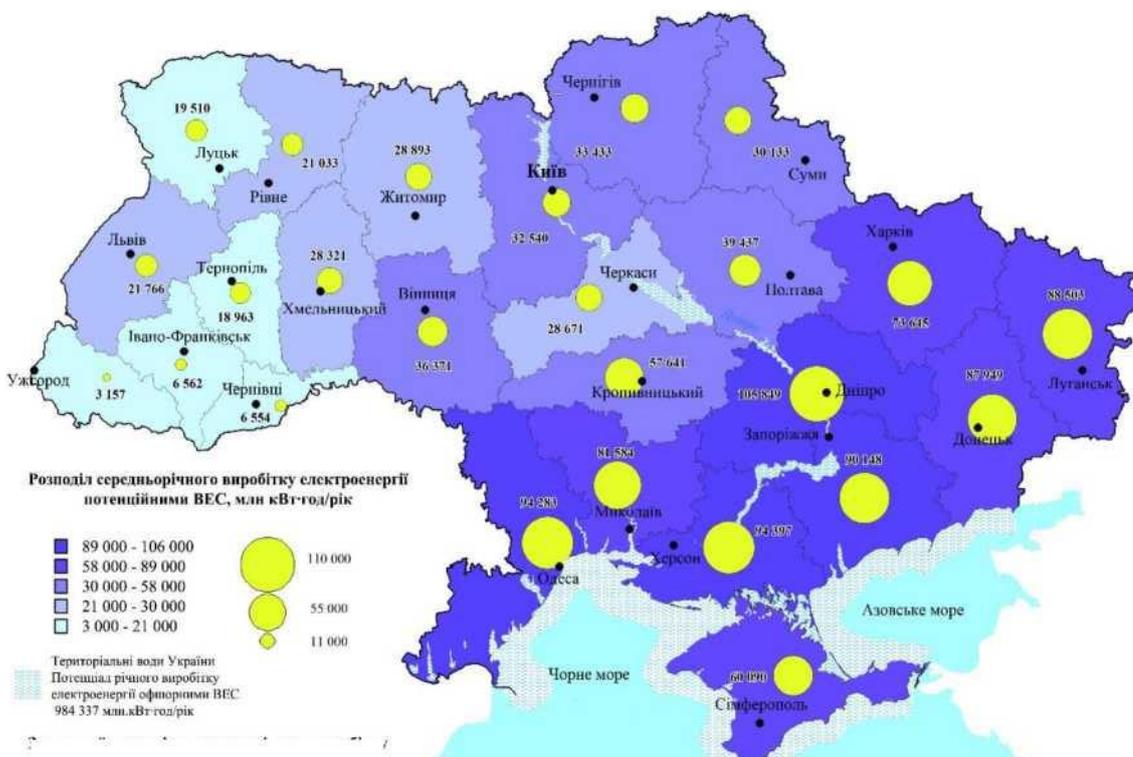


Рисунок 13 – Розподіл територією України потенційного середньорічного виробітку електроенергії ВЕС

Тема 7. Потенціал гідроенергетики та геотермальної енергетики

7.1. Річки України. Об'єкти гідроенергетики на великих річках

7.2. Потенціал малих річок України

7.3. Структура геотермальних ресурсів України. Енергетичний потенціал геотермальних джерел

7.1. Річки України. Об'єкти гідроенергетики на великих річках

Гідроелектростанції характеризуються високою ефективністю перетворення наявних гідроенергетичних ресурсів в електроенергію. Їхня ефективність коливається в межах 70-90 %, іноді навіть вище. Гідроенергетика – один із найрозвиненіших методів виробництва електроенергії без використання викопного органічного та ядерного палива. Вона має відносно передбачуване джерело відновлюваної енергії, найнижчу вартість серед традиційних і найбільш нетрадиційних технологій, а також тривалий термін служби.

Відповідно до Закону України «Про електроенергетику», мала гідроенергетика також є альтернативним джерелом енергії. Розвиток потенціалу малих річок за допомогою малих гідроелектростанцій (МГЕС) допомагає вирішити проблему кращого енергозабезпечення споживачів.

Численні мікро- та малі гідроелектростанції будуються для використання потенціалу організованих водних потоків із систем технічного водопостачання та водовідведення на наявних об'єктах. В Україні малу гідроелектростанцію потужністю 198 кВт було побудовано на зворотних водах Супрунівської станції очистки в Полтавській області.

В Україні налічується 63119 річок і струмків загальною довжиною понад 206 000 км. Із них 93 % (60 000) є дуже малими (довжиною менше ніж 10 км). Тут налічується 219 малих річок довжиною понад 10 км, а їхня загальна довжина становить близько 74 тис. км. В Україні існує 81 середня річка загальною довжиною 15488 км [3].

Найбільше електроенергії виробляється на малих ГЕС у Вінницькій

області (табл. 10), де введено в експлуатацію 29 станцій, серед яких дві найпотужніші в Україні – Глибочанська та Ладижинська малі ГЕС потужністю 7500 кВт кожна.

Таблиця 10 – Розподіл гідроенергетичних станцій за областями країни (станом на 2019 рік)

Область	Малі ГЕС		Середньорічний обсяг виробництва електроенергії	
	Кількість	Загальна потужність, МВт	тис. МВт·год/рік	%
Вінницька	29	22,411	78,00	24,85
Закарпатська	10	13,747	39,10	12,46
Кіровоградська	10	13,351	37,97	12,10
Тернопільська	16	11,057	31,45	10,02
Хмельницька	30	8,514	24,21	7,72
Черкаська	12	7,434	21,14	6,74
Житомирська	19	4,476	12,73	4,06
Полтавська	11	4,316	12,28	3,91
Харківська	1	4,048	11,51	3,67
Івано-Франківська	5	3,571	10,16	3,24
Київська	6	3,169	9,01	2,87
Миколаївська	2	1,854	5,27	1,68
Сумська	4	1,453	4,13	1,32
Рівненська	3	1,237	3,52	1,12
Чернівецька	2	1,198	3,41	1,09
Донецька	1	0,94	2,67	0,85
Одеська	1	0,9	2,56	0,82
Львівська	3	0,72	2,05	0,65
Запорізька	1	0,484	1,38	0,44
Чернігівська	1	0,175	0,50	0,16
Херсонська	1	0,145	0,41	0,13
Дніпропетровська	1	0,13	0,37	0,12
Разом	108	82,77	249,87	

7.2. Потенціал малих річок України

В рамках урядових програм в Україні розробляється ряд проєктів із модернізації та реконструкції наявних малих ГЕС, будівництва нових малих ГЕС у районах децентралізованого енергопостачання та будівництва малих

ГЕС у районах централізованого енергопостачання на перетинах водосховищ і водотоків.

У малій гідроенергетиці України використовують таку класифікацію за потужністю: мала гідроелектростанція (мала ГЕС) – гідроелектростанція встановленою потужністю понад 1 МВт, але не більше ніж 10 МВт; міні-ГЕС – гідроелектростанція встановленою потужністю понад 0,2 МВт, але не більше 1 МВт; мікро-ГЕС – гідроелектростанція встановленою потужністю не більше ніж 0,2 МВт.

Гідроелектростанція має відповідати й не суперечити принципам і умовам таких документів: Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат та Протокол до Рамкової конвенції про охорону та стале використання біологічного та ландшафтного різноманіття; Бернська конвенція; Європейська ландшафтна конвенція; Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»; Водний кодекс України; Земельний кодекс України; Лісовий кодекс.

Екологічні обмеження на використання гідроенергетичних ресурсів річки бувають двох типів, а саме [3, 5]: обмеження щодо використання території для будівництва ГЕС (національні природні парки, заповідники, пам'ятки природи, місця із запасами корисних копалин та мінеральних вод, історико-культурні території, землі спеціального призначення); обмеження щодо використання води для виробництва електроенергії малими ГЕС (санітарна очистка, безперервна робота рибоходів, паводки та водопілля, експлуатаційні заходи з регулювання стоку води гідротехнічними спорудами). Дослідженнями [3, 5] встановлено обмеження на використання гідроенергетичних ресурсів малих річок на основі вертикального ухилу профілю з метою запобігання затопленню великих територій у разі будівництва ГЕС. Практика будівництва ГЕС показала, що недоцільно будувати малі ГЕС поблизу гирл річок. У цих місцях об'єм води досить великий, але перепад напору невеликий.

Територія України поділяється на кілька гідрологічних зон (рис. 14).



Рисунок 14 – Розподіл території країни на гідрологічні зони

Західна та Поліська гідрологічні зони (загалом 4 %) вважаються неперспективними для розвитку малої гідроенергетики. Розподіл технічного потенціалу гідроенергетичних ресурсів малих річок та введених в експлуатацію малих ГЕС відповідно до адміністративно-територіального устрою країни показано на рис. 15.

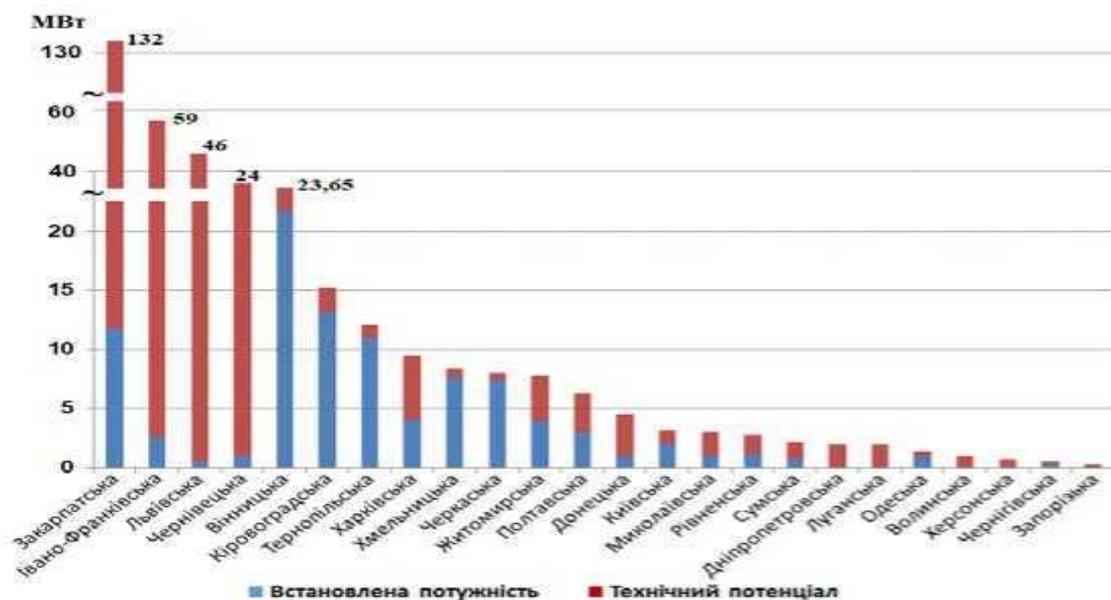


Рисунок 15 – Розподіл технічного потенціалу та освоєння гідроенергетичних ресурсів малих річок за адміністративно-територіальним устроєм країни

У ряді областей, зокрема Вінницькій, Кіровоградській, Тернопільській, Хмельницькій, Одеській та Чернігівській, технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок практично вичерпаний (рис. 16), тому значне збільшення встановленої потужності малих ГЕС у цих областях є малоімовірним. Закарпатську, Івано-Франківську, Львівську та Чернівецьку області можна вважати перспективними для будівництва нових малих ГЕС. Перспективи подальшого розвитку малої гідроенергетики в Україні, цілі розвитку малої гідроенергетики визначені в Енергетичній стратегії України до 2030 року.

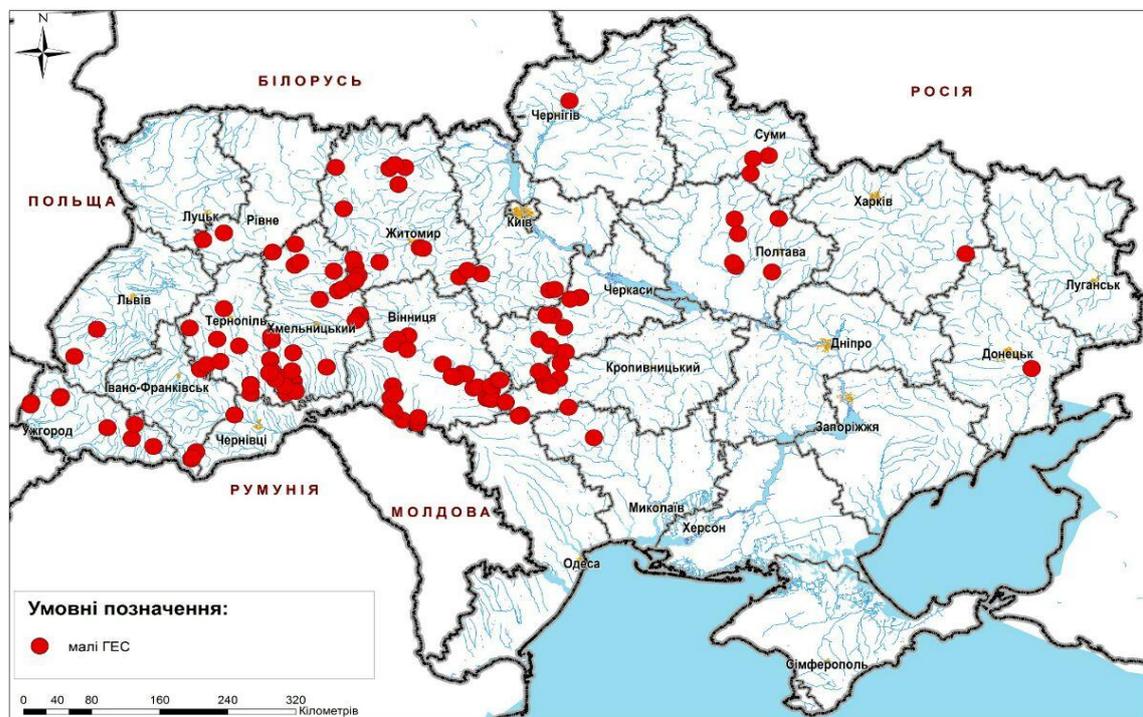


Рисунок 16 – Розташування малих ГЕС на території України

Основні завдання полягають в такому: пріоритетне відновлення малих гідроелектростанцій зі збереженими гідроустановками; реконструкція активних малих гідроелектростанцій; будівництво нових дрібних ГЕС на наявних водосховищах для господарських потреб; створення нових малих ГЕС на річках Тисі, Дністрі та їх притоках для комплексного вирішення проблем енергозабезпечення західних областей та захисту прилеглих територій від повеней; стандартизація проєктних рішень для нових малих ГЕС, що

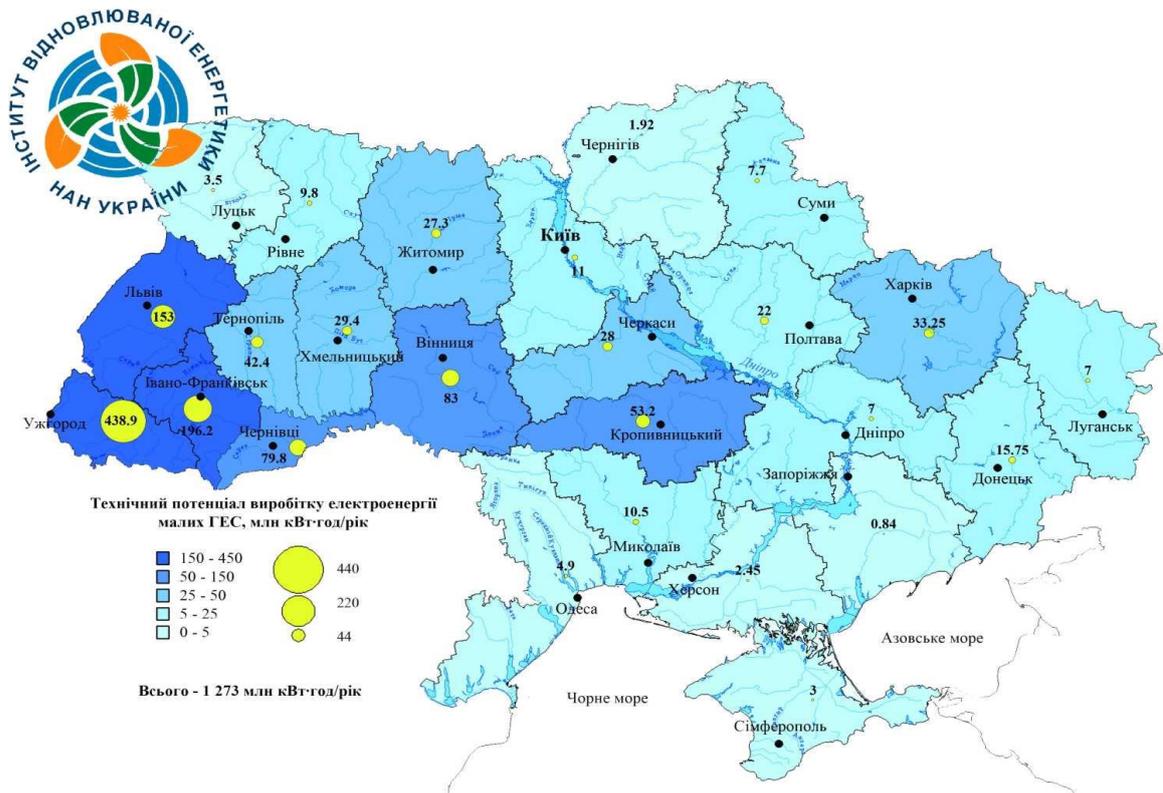


Рисунок 18 – Технічний потенціал виробітку електроенергії малих ГЕС України

7.3. Структура геотермальних ресурсів України. Енергетичний потенціал геотермальних джерел

На сьогодні серед усіх видів енергетичних ресурсів найбільш розвинені та випробувані технології видобутку та використання геотермальної енергії. Гідротермальні технології мають значні переваги, як-от: широке поширення ресурсів та їх невичерпність за відповідних умов експлуатації, стабільність операційних характеристик та екологічна безпека. Для створення геотермальних енергетичних установок не потрібні значні площі, а також не потрібне традиційне паливо. Згідно з даними теоретичний світовий потенціал геотермальної енергії є найбільшим серед відновлюваних джерел енергії. На початок 2020 року загальна встановлена потужність геотермальних електростанцій у світі становить майже 16 ГВт, а виробництво геотермальної електроенергії еквівалентне 95 ТВт·год/рік. Це свідчить про те, що частка виробництва електроенергії з геотермальних ресурсів є дуже мала, але вона

постійно зростає, особливо порівняно з атомною та вугільною енергетикою, які скорочуються в багатьох країнах світу. В усьому світі сьогодні лише близько 0,5 % від загального обсягу виробництва електроенергії здійснюється з використанням геотермальних ресурсів. Водночас на фоні скорочення обсягів виробництва атомної та вугільної енергії через прийняття рішучих урядових програм у багатьох країнах геотермальна енергетика продовжує зростати. Рисунок 19 демонструє збільшення загальної встановленої потужності геотермальних електростанцій у світі протягом останніх десяти років.

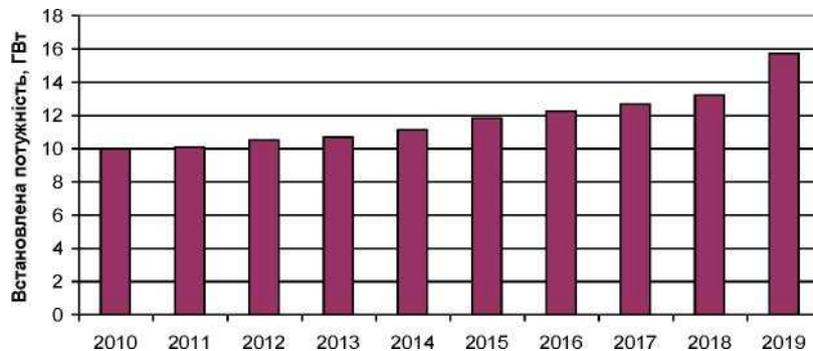


Рисунок 19 – Зростання сумарної встановленої потужності ГеоЕС у світі за період з 2010 по 2019 роки [3].

Згідно зі звітом Європейської ради з геотермальної енергії (EGEC) на кінець 2019 року в Європі працювало 130 геотермальних електростанцій, 36 проєктів перебували на стадії розроблення та 124 – на стадії планування та підготовки. Загальна потужність, яка може бути додана найближчими роками, оцінюється у 3,3 ГВт.

Лідерами виробництва геотермальної електричної енергії є США, Індонезія, Філіппіни, Туреччина, Нова Зеландія, Мексика, Кенія, Італія, Ісландія та Японія (рис. 20.).

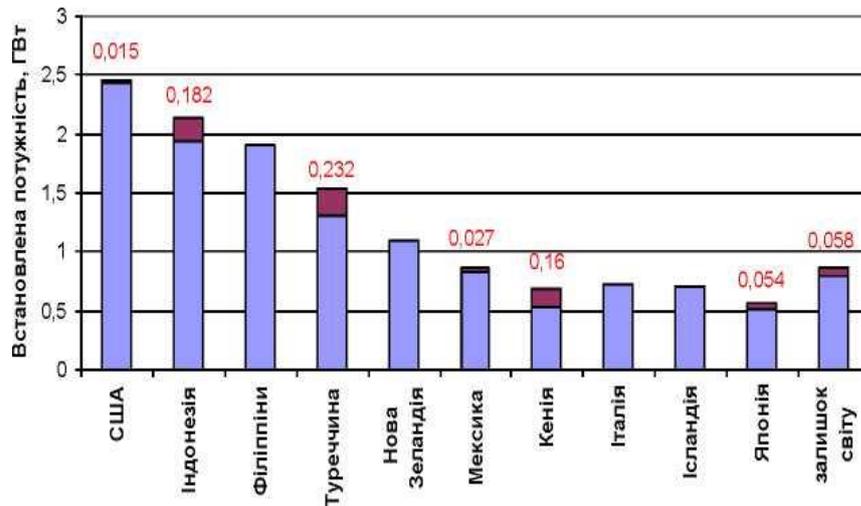


Рисунок 20 – Приріст установлених потужностей ГеоЕС країн світу за 2018-2019 роки

У 2019 році Китай, Туреччина, Ісландія та Японія були лідерами у виробництві геотермальної енергії, що становить 75 % від загального використання світового запасу. Серед цих країн Китай показав найбільший приріст як у виробництві, так і у споживанні геотермального тепла, досягнувши 47 %, із щорічним приростом виробництва понад 20 %.

В Україні гідротермальні ресурси переважно використовуються в рекреаційних та бальнеологічних цілях. Численні геотермальні басейни, спа-центри та санаторії були створені в Закарпатській, Херсонській та Львівській областях.

Розквіт геотермального теплопостачання в нашій країні припав на кінець 80-х – початок 90-х років, коли було побудовано 15 експериментальних систем теплопостачання на основі ПГС загальною встановленою потужністю 19,5 МВт (табл. 11) [3].

Таблиця 11 – Експериментальні геотермальні установки на базі ГЦС

Населений пункт, номер свердловини	Q само-виливу, м ³ /доб.	Глибина свердловини, м	T, °C на гирлі/ у пластових умовах
1	2	3	4
АР Крим, Красногвардійський р-н			
с. Котельніково, св. 32	1600	1500	66/69
с. Рівне, св. 33	3345	1569	65/68

с. Новоолексіївка, св. 35	4925	1360	58/60
с. Янтарне, св. 36	1490	2300	87/92
с. П'ятихатки, св. 38	4000	1300	57/60
АР Крим, Сакський р-н			
с. Трудове, св. 14	2300	1160	54/н.с.
с. Ільїнка, св. 16	1730	1200	59/62
с. Сизовка, св. 21	1730	1400	63/67
с. Зернове, св. 28	1730	1100	51/н.с.
с. Фрунзе, св. 41	1740	1130	62/64
АР Крим, Джанкойський р-н			
с. Медведівка, св. 39	670	1500	68/74
с. Предмостне, св. 1	1894	1500	67/69
Закарпатська обл.			
с. Косино, св. 16Т	397	1190	51/н.с.
с. Берегове, св. 2Т	346	1049	60/н.с.
Херсонська обл.			
с. Чонгар	650	1500	64/73

На сьогодні час діє 3 геотермальні станції (табл. 12) та ще 15 знаходиться у статусі потенційних об'єктів (табл. 13).

Таблиця 12 – Активні діючі об'єкти геотермальної енергетики в Україні

№	Назва об'єкта, місцезнаходження	Установлена потужність, МВт
1	Геотермальна теплова станція, Джанкойський р-н, с. Ведмедівка, АР Крим	1,00
2	Геотермальна теплова станція, Берегівський р-н, с. Косино, Закарпатська область	0,25
3	Геотермальна теплова станція, Берегівський р-н, м. Берегове, Закарпатська область	0,25

Таблиця 13 – Потенційні об'єкти геотермальної енергетики в Україні

№	Назва об'єкта, місцезнаходження	Потенційна встановлена потужність, МВт
Херсонська область		
1	Геотермальна теплова станція, Генічеський р-н, м. Генічеськ	1,3

2	Геотермальна теплова станція, Генічеський р-н, с. Чонгар	1,5
Закарпатська область		
3	Геотермальна теплова станція, Мукачівський р-н, с. Косино	1,0
4	Геотермальна когенераційна станція, Тячевський р-н, с. Теремля	5,0
5	Геотермальна теплова станція, Хустський р-н, с. Велятино	6,0
6	Геотермальна теплова станція, Виноградівський р-н, с. Велика Паладь	3,0
7	Геотермальна теплова станція, Берегівський р-н, с. Велика Бакта	2,0
8	Геотермальна теплова станція, Ужгородський р-н, м. Ужгород	5,0
9	Геотермальна теплова станція, м. Берегове	4,7
10	Геотермальна електрична станція, Ужгородський р-н, с. Руські Комарівці	6,0
Львівська область		
11	Геотермальна теплова станція, Самбірський р-н, с. Пиняни	3,0
12	Геотермальна електрична станція, Мостиський р-н, м. Мостиська	12,5
Полтавська область		
13	Геотермальна когенераційна станція, Гадяцький р-н, м. Гадяч	14,2
Чернігівська область		
14	Геотермальна теплова станція, Ічнянський р-н, с. Монастирище	11,0
Харківська область		
15	Геотермальна електрична станція, Ізюмський р-н, м. Ізюм	10,0

Геотермальні поклади здебільшого приурочені до нафтогазоносних провінцій, які завжди характеризуються високим геотермічним фоном (геотермічний градієнт понад 3 °С/100 м), і розташовані на глибинах понад 1500 м. Потім газ заміщується контурними підземними водами до повного заповнення горизонту родовища. Під час експлуатації газового родовища газ природним шляхом заміщується контурними підземними водами до повного заповнення горизонту, що розкривається. Підземні води мають достатньо високу температуру зберігання для використання у виробництві тепла або електроенергії. Інститут відновлюваної енергетики Національної академії наук України створив електронну базу даних геотермальних станцій в Україні.

На всіх ділянках уже є заявлені або непродуктивні газові та нафтові свердловини. Наразі база даних налічує понад 600 об'єктів і охоплює 12 адміністративних областей України.

На рис. 20 та 21 показано розподіл глибин і пластових температур геотермальних станцій з електронної бази даних.

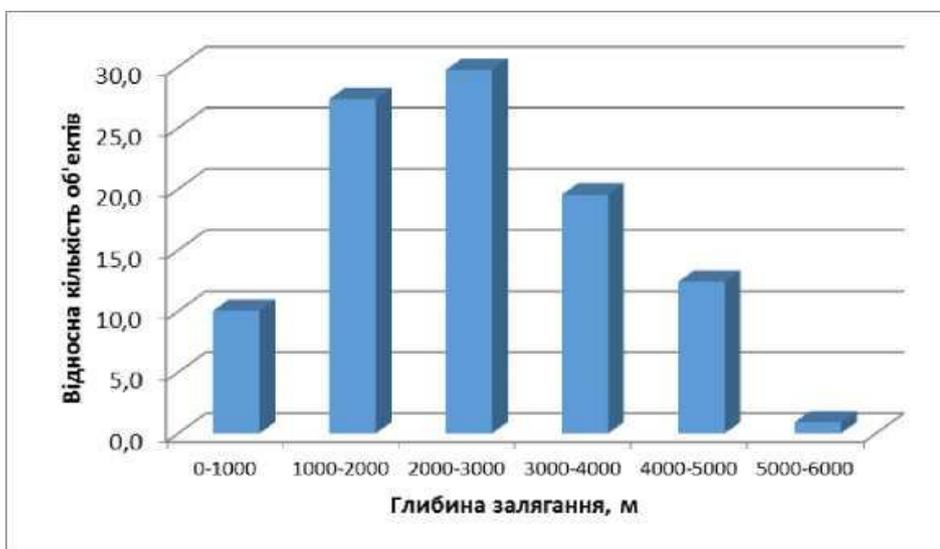


Рисунок 20 – Розподіл глибин залягання продуктивних горизонтів у геотермальних об'єктах з електронної бази даних

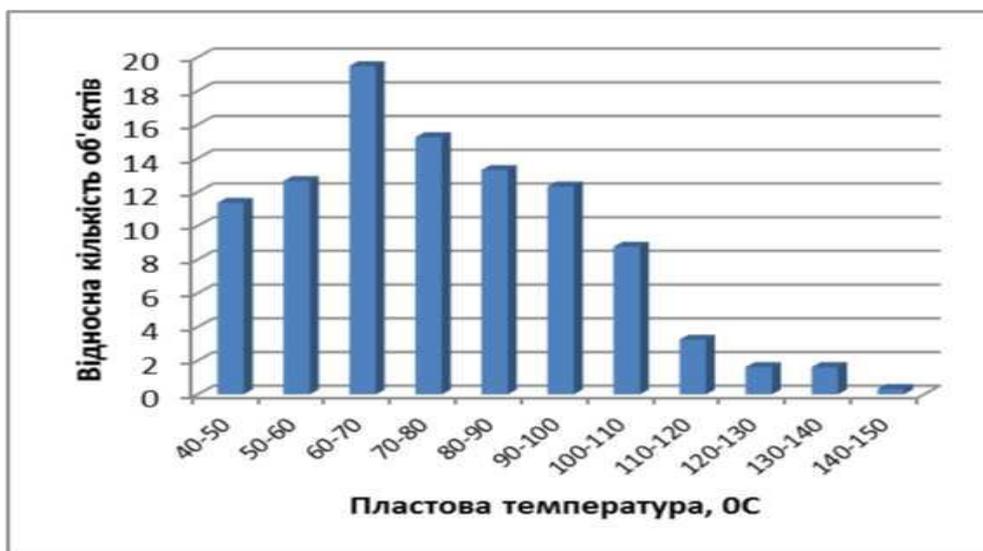


Рисунок 21 – Розподіл пластової температури продуктивних горизонтів у геотермальних об'єктах з електронної бази даних. Умови формування гідротермальних родовищ на території України

За допомогою інтегрального теплового потоку до поверхні Землі, оцінюється загальна потужність внутрішньої теплогенерації, яка становить 32 ТВт [3]. Однак, глибинний тепловий потік неоднаково поширюється до поверхні, в зоні виходу стародавніх структур, які складаються з щільних метаморфізованих порід, величина теплового потоку є найменшою (22...60 мВт/м²). На противагу цьому тепловий потік на глибині є найбільшим у молодих структурах, які ще перебувають на ранніх стадіях свого формування (200-300 мВт/м²). Магматичні та вулканічні вогнища є додатковим джерелом тепла, що підвищує локальний тепловий фон надр. Тепло може зберігатися як у гірських породах, так і в підземних водах. Геотермальні родовища мають ефективні водоносні горизонти з високою фільтраційною здатністю, які є придатними для видобутку тепла завдяки своїй мобільності та вищій теплоємності. Щоб зберегти тепло, водоносні горизонти повинні бути ізольовані шарами гірських порід, що мало проводять тепло, особливо глинами та їх різновидами. Україна є країною із середніми умовами для формування геотермальних родовищ, і хоча тут відсутні структури із сучасним вулканізмом та магматизмом, на території є відносно молоді гірські споруди, зокрема Карпатська складчастість, Кримські гори та Донбаська складчастість, процеси формування яких ще не завершилися. Хоча значення теплового потоку цих структур є високими (від 60 до 120 мВт/м² і більше), у самих структурах практично не виявлено геотермальних покладів, оскільки ці структури живлять місцеві водоносні горизонти. Холодні атмосферні опади проникають через розломи і тріщини в гірському масиві у водоносні горизонти, які поступово занурюються на значну глибину у витоках і міжгірських улоговинах і прогріваються високим теплим потоком. На рис. 22 показано карту з розподілом перспективних геотермальних площ в Україні [3].

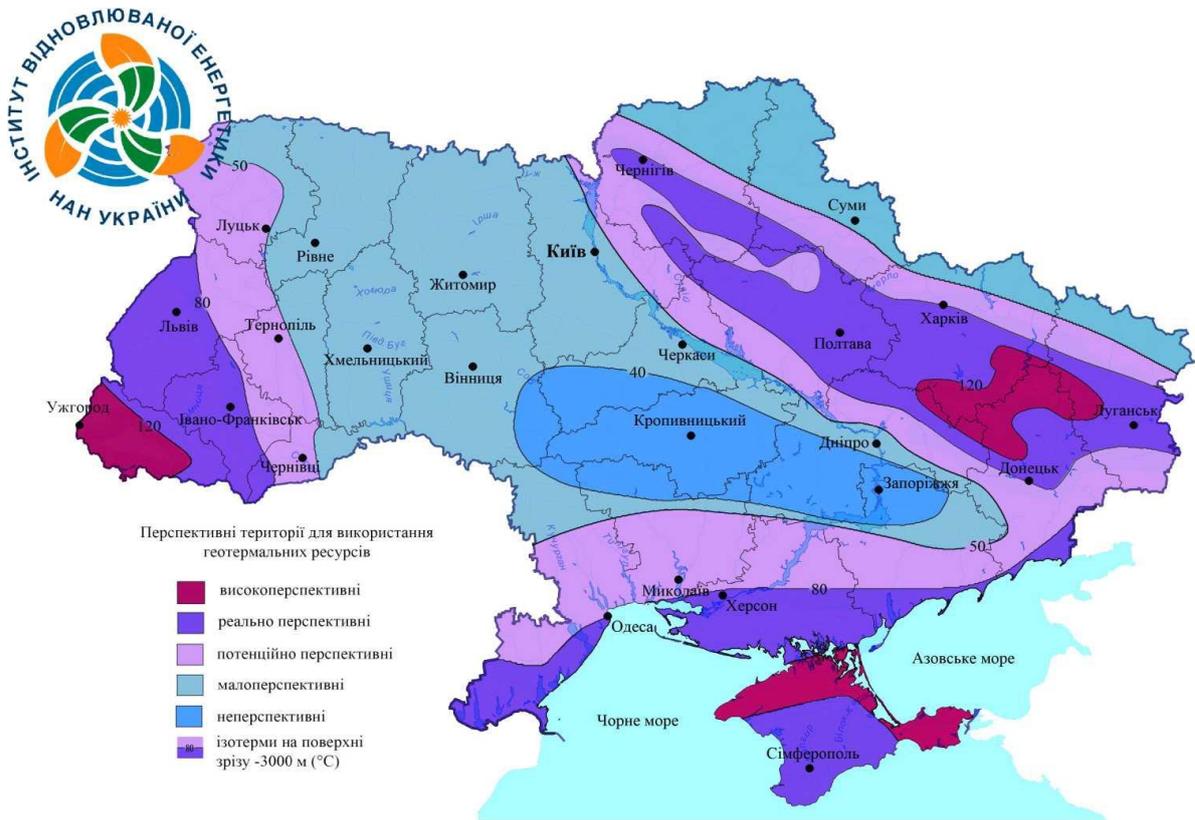


Рисунок 22 – Карта розташування перспективних гідротермальних територій України

В Україні найбільш перспективні геотермальні території – це передусім Закарпатський, Прикарпатський та Причорноморський артезіанські басейни та гідрогеологічна провінція Донецької складчастої області, які мають високі значення глибинного теплового потоку та геотермічного градієнта. Глибина залягання термальних водоносних горизонтів тут невелика. У Дніпровсько-Донецькій западині умови формування геотермальних полів залежать від глибини залягання продуктивного горизонту. Артезіанський басейн Дніпровсько-Донецької западини є перспективним, оскільки містить потужні ізольовані водоносні горизонти на глибинах до 8000 м. Розподіл геотермальних родовищ збігається з нафтогазоносними провінціями, а свердловини з водоносними горизонтами можна вважати геотермальними. Під час експлуатації родовищ вуглеводнів шари вуглеводнів заповнюються підземними водами, тому газові та газоконденсатні поклади можуть стати геотермальними.

Інститут геофізики Національної академії наук України підготував карти температур гірських порід на глибинах 3 і 10 км для території України. Температура земних надр в Україні на глибині 5 км коливається від 80 до 280°C. Низькі температури спостерігаються на Українському щиті та його схилах, а також у північній частині Волино-Подільського плато. Найвищі температури спостерігаються в Закарпатському прогині та на узбережжі Чорного моря. Найбільш поширені температури 90-130 °С (на схилах Українського щита, в межах Волино-Подільського плато, в Дніпровсько-Донецькій западині, на схилах Воронезького масиву) і 130-190°C (у Карпатах, Криму, на Азовському шельфі Чорного моря і в Донбасі).

Результати оцінки потенціалу геотермальних ресурсів деякими спеціалізованими організаціями представлені в табл. 14.

Таблиця 14 – Результати оцінки потенціалу геотермальних ресурсів України

Назва організації	Потенціал	Регіон
Центральна тематична експедиція Міністерства геології [7]	27326 тис. м ³ /доб., 456 млн Гкал/рік,	Закарпатський та Причорноморський (півострів Крим і південь Херсонської області)
ПГО «Кримгеологія» [8]	34 млн м ³ /доб., 391 млн Гкал/рік	Рівнинний Крим, північне і західне Причорномор'я та Керченський півострів
Інститут геологічних наук НАНУ [9]	3,3*10 ²² Дж; 1,12*10 ¹² т у.п.	Територія України до глибини 3 км
Інститут геофізики НАНУ [10]	0,56 трл т н.е.	Територія України в інтервалі глибин 5,5-6 км

Інститут відновлюваної енергії НАНУ у 2020 році видав «Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України». В Атласі наведені дані щодо розподілу електричного геотермального потенціалу на території окремих адміністративних областей України (рис. 23, 24 та табл. 15) [3].

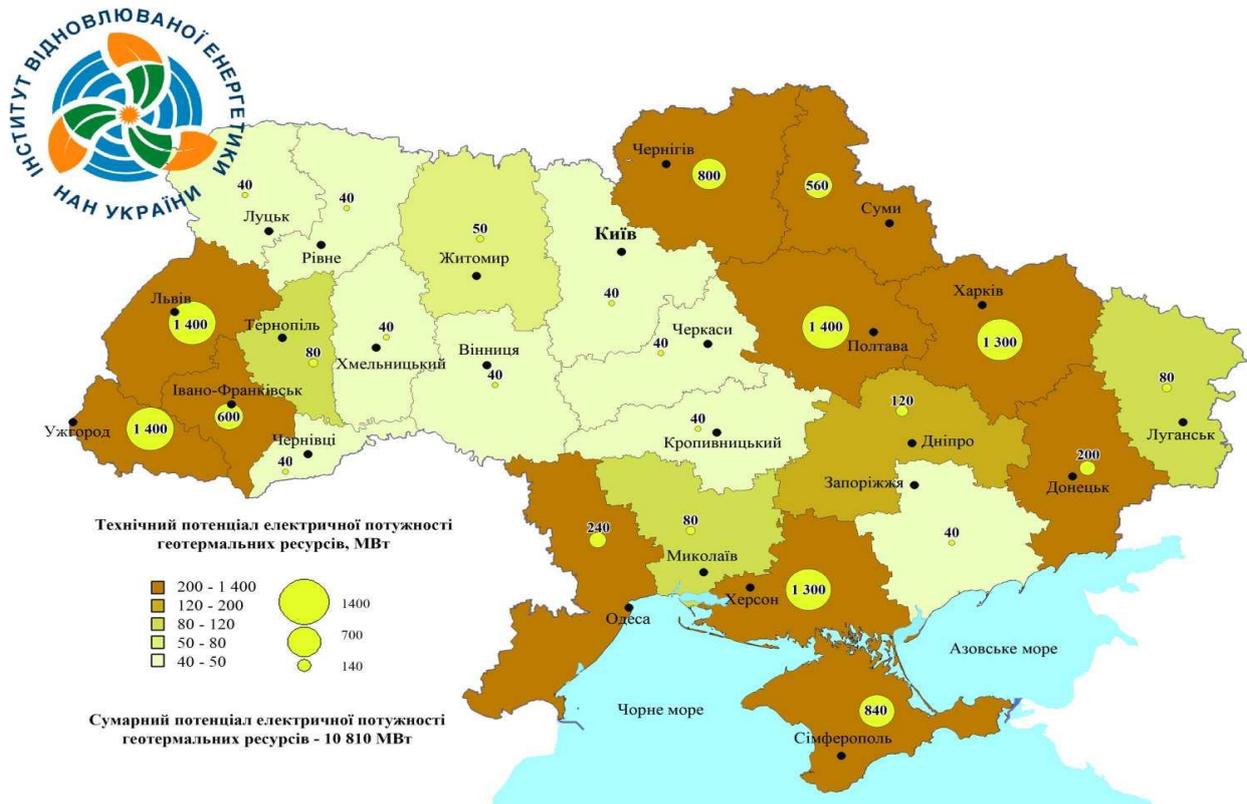


Рисунок 23 – Технічний потенціал електричної потужності геотермальних ресурсів України

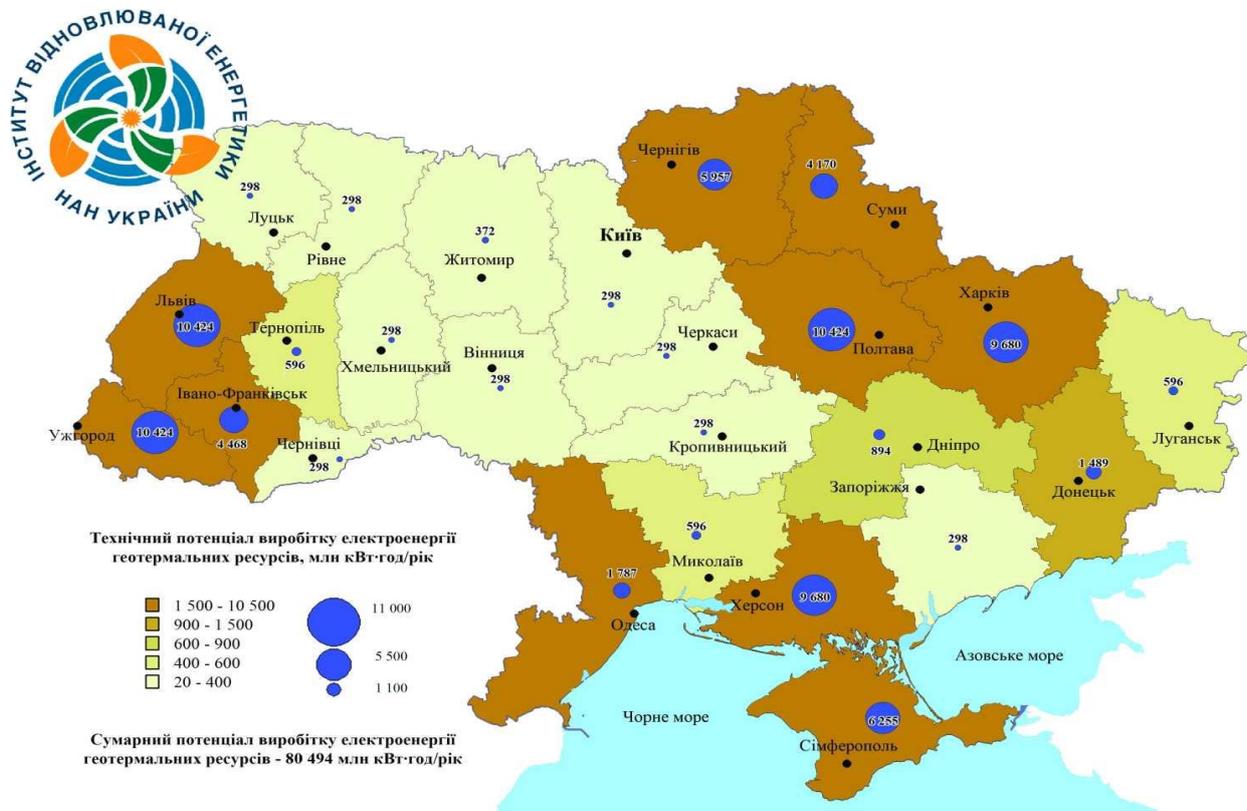


Рисунок 24 – Технічний потенціал виробітку електроенергії геотермальних ресурсів України

Таблиця 15 – Потенціал геотермальної енергії України [6]

№ з/п	Область	Потенціал електричної потужності, МВт	Потенціал виробітку, млн кВт·год/рік
1	АР Крим	840	6255
2	Вінницька	40	298
3	Волинська	40	298
4	Дніпропетровська	120	894
5	Донецька	200	1489
6	Житомирська	50	372
7	Закарпатська	1400	10424
8	Запорізька	40	298
9	Івано-Франківська	600	4468
10	Київська	40	298
11	Кіровоградська	40	298
12	Луганська	80	596
13	Львівська	1400	10424
14	Миколаївська	80	596
15	Одеська	240	1787
16	Полтавська	1400	10424
17	Рівненська	40	298
18	Сумська	560	4170
19	Тернопільська	80	596
20	Харківська	1300	9680
21	Херсонська	1300	9680
22	Хмельницька	40	298
23	Черкаська	40	298
24	Чернівецька	40	298
25	Чернігівська	800	5957
Усього		10810	80494

Тема 8: Потенціал енергії біомаси та зеленого водню

8.1. Енергетичний потенціал твердої біомаси

8.2. Енергетичний потенціал біогазу

8.3. Енергетичний потенціал рідкого біопалива

8.4. Екологічні аспекти використання біомаси як палива

8.5. Енергетичний потенціал зеленого водню

8.1. Енергетичний потенціал твердої біомаси

Біомаса – це сукупність організмів у біогеоценозі (екологічній системі) на момент спостережень. Фітобіомаса (рослини) і зообіомаса (тварини) визначаються відповідно до типу органічного матеріалу. Їх можна розділити на дві основні групи: первинна та вторинна біомаси. Первинна біомаса складається з наземних і водних рослин. Вторинна – це відходи біомаси, які утворюються після збору та переробки первинної біомаси в товарну продукцію, а також відходи, що утворюються в результаті діяльності людей і тварин.

Основними постачальниками твердої біомаси для потреб енергії є сільське та лісове господарство. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України та відкритими джерелами, щорічне виробництво зернових і зернобобових культур в Україні сягає понад 60 млн тонн, причому є значні обсяги побічних продуктів, як-от солома та рослинні відходи. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні відповідає 35 млн т нафтового еквіваленту, а її використання дозволяє економити близько 40 млрд м³ природного газу щорічно. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у Вінницькій, Дніпропетровській, Житомирській, Київській, Одеській, Полтавській, Сумській, Харківській та Чернігівській областях і становить близько 2,0 млн т/рік.

На рис. 25 наведено карту енергетичного потенціалу твердої біомаси та торфу України [3].

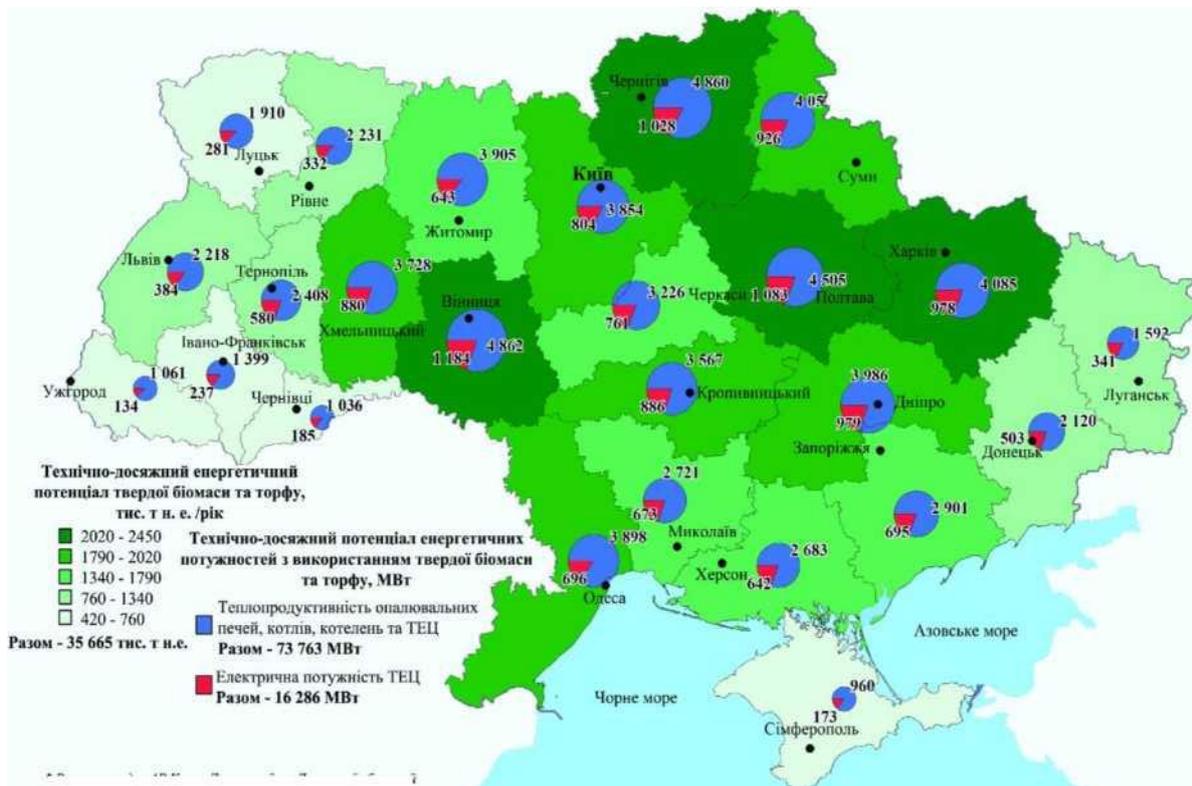


Рисунок 25 – Карта енергетичного потенціалу твердої біомаси та торфу України

За різними оцінками, на кожен тону зерна можна отримати 1,5-2,0 т соломи або рослинних залишків. Частина соломи подрібнюється і приорується для удобрення ґрунтів. У сільському господарстві найбільш поширеною технологією заготівлі соломи стало її тюкування. Тюковану солому злакових культур використовують як паливо в котельних установках. В Україні виробляють гранули із соломи злакових культур обсягом 120 тис. т/рік, що значно менше за можливості наявних пелетних заводів. Солома рапсу, стебла кукурудзи та соняшнику ще залишають на полях після збирання врожаю також є перспективним енергетичним ресурсом, зважаючи на їх значні обсяги. Під час переробки насіння соняшнику відділяються лушпиння та сторонні рослинні частки. На підприємствах олійної промисловості спалюється близько 500 тис. т лушпиння соняшнику, ще більш ніж 700 тис. т гранулюється.

Лісистість України становить близько 16 %, а заготівля ліквідної

деревини сягнула 19 млн кубометрів. Загальні ресурси дров, відходів лісозаготівлі та переробки становлять близько 10 млн. м³. Використання дров, деревних брикетів і пелет зростає, особливо в побутових і промислових котлах. Енергетичні культури – це окремі види дерев і рослин, які вирощуються спеціально для виробництва твердого біопалива – швидкорослі дерева, багаторічні трави (міскантус), однорічні трави (сорго, тритикале).

Енергетичні культури також можуть містити побічні продукти традиційних культур, які вирощуються для виробництва біодизелю (ріпак, соняшник), біоетанолу (кукурудза, пшениця) та біогазу (кукурудзяний силос). Управління твердими побутовими відходами передбачає відновлення цінних компонентів, а ту частину твердої біомаси, яка не підлягає подальшому сортуванню, можна використовувати як паливо у промислових печах і сміттєспалювальних заводах для виробництва енергії.

Торф — органічна гірська порода, що утворюється в результаті біохімічного процесу розкладання (відмирання та неповного розкладання) болотних рослин в умовах підвищеної вологості та нестачі кисню. Річний приріст шару торфу становить близько 1 мм, тому відповідну кількість торфу можна вважати відновлюваним. У 2011 році загальні геологічні запаси торфу в Україні становили 2,04 млрд тонн. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал торфу становить 0,3 млн т нафтового еквівалента. Використовуючи його, можна щороку економити близько 0,4 млрд м³ природного газу. Найбільші поклади торфу є у трьох областях Полісся: Волинській, Рівненській та Чернігівській. На їх території відкрито й розвідано 836 родовищ (38 % усіх родовищ країни), а геологічні запаси торфу становлять 1,0 млрд т.

Для енергопостачання промисловості та комунального господарства можна створити ТЕЦ сумарною електричною потужністю 16000 МВт та теплопродуктивністю 36000 МВт з річним споживанням твердої біомаси до 25 млн т.н.е. і виробництвом електричної енергії до 70 ТВт·год та теплової енергії до 155 ТВт·год. Для заміщення споживання природного газу та інших викопних палив у побуті та котельнях систем теплопостачання можна

спрямувати тверду біомасу та торф обсягом до 10,7 млн т.н.е., забезпечивши роботу опалювальних печей, котлів та котелень сумарною теплопродуктивністю 37000 МВт із річною продуктивністю 105 ТВт·год.

8.2. Енергетичний потенціал біогазу

Ефективним шляхом доповнення та заміни традиційних паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), особливо в сільській місцевості, є виробництво та використання біогазу, який утворюється в результаті застосування технологій метанового зброджування тваринницької біомаси і на 55-70 % складається з метану. Іншим джерелом біогазу є анаеробне розкладання сміттєвої біомаси на полігонах твердих побутових відходів. Осади стічних вод містять велику кількість органічних речовин, їх утилізація забезпечує вирішення важливих екологічних, енергетичних і соціальних проблем міст, особливо мегаполісів. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал біогазу становить 1607 тис. т н.е.; з них біогазу з відходів агропромислового комплексу (АПК) – 1030 тис. т н.е.; з полігонів ТПВ – 524 тис. т н.е.; з осадів каналізаційних стоків 53 тис. т н.е. На рис. 26-28 наведено карти енергетичного потенціалу біогазу України [3, 6].

Загальний енергетичний потенціал біогазу є найвищим в урбанізованих регіонах та регіонах з інтенсивним тваринництвом і птахівництвом – Київській, Донецькій, Дніпропетровській, Черкаській та Вінницькій – коливається від 116 до 241 тис. т.н.е./рік (рис. 26-28). Використання біогазу може замінити такі види палива: природний газ, який використовується в когенераційних установках для виробництва електроенергії для національної мережі та тепла для задоволення місцевих потреб; бензин, дизельне паливо та гас у стаціонарних двигунах внутрішнього згоряння та автомобілях. Біогаз можна використовувати для створення когенераційних установок із загальною електричною потужністю 984 МВт і потужністю рекуперації тепла 1044 МВт, при цьому річне виробництво електроенергії з біогазу досягає 7,9 ТВт·год, а тепло — 8,4 ТВт·год. У 2016 році Україна спожила 32,7 тис. т н.е. біогазу, з

них 43 % використано на ТЕЦ для комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, а 57 % для виробництва теплової енергії в котельнях.

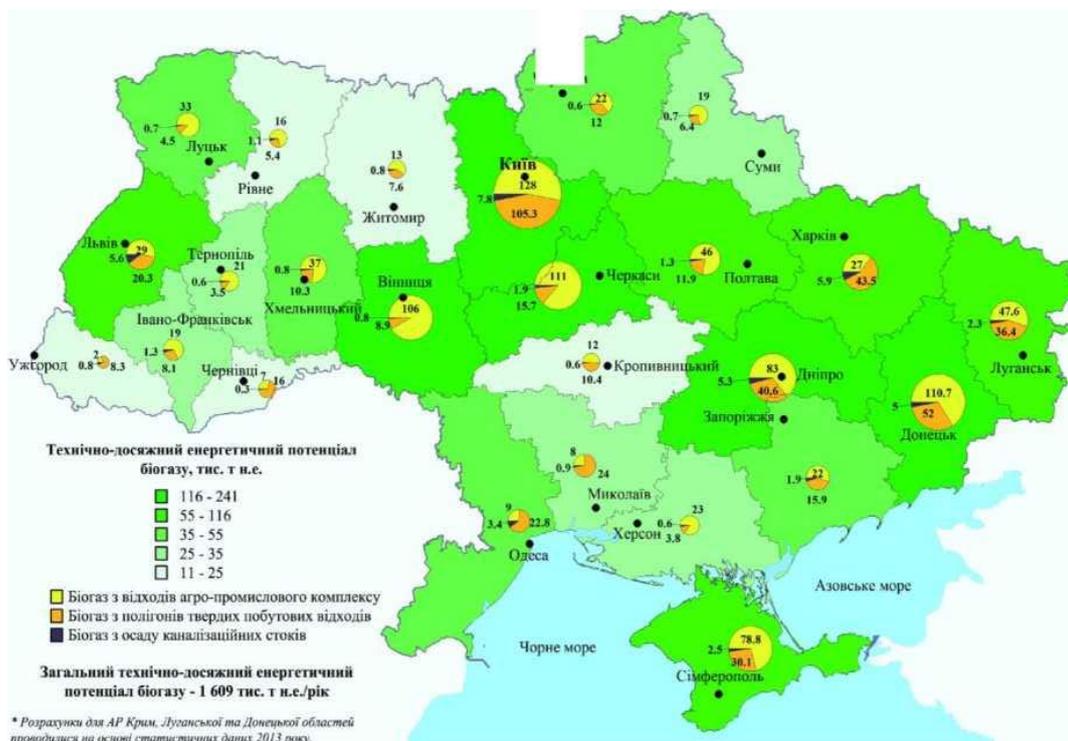


Рисунок 26 – Карта енергетичного потенціалу біогазу України

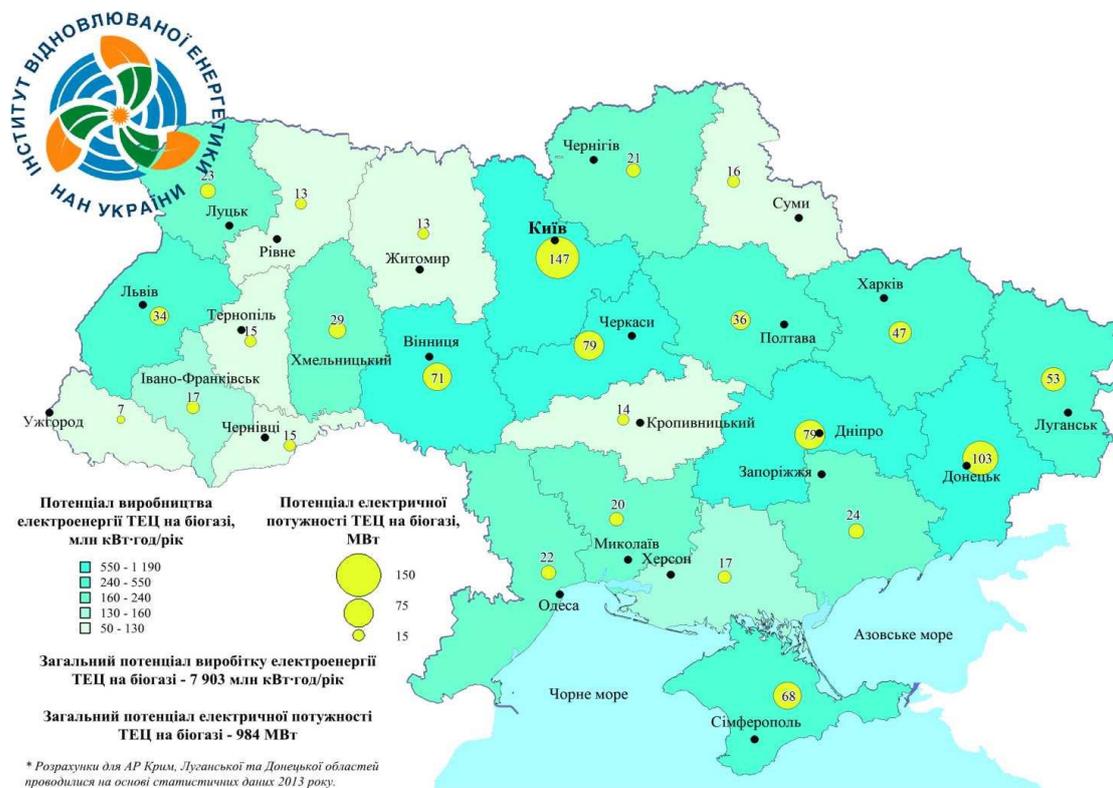


Рисунок 27 – Потенціал електричної енергетики біогазу

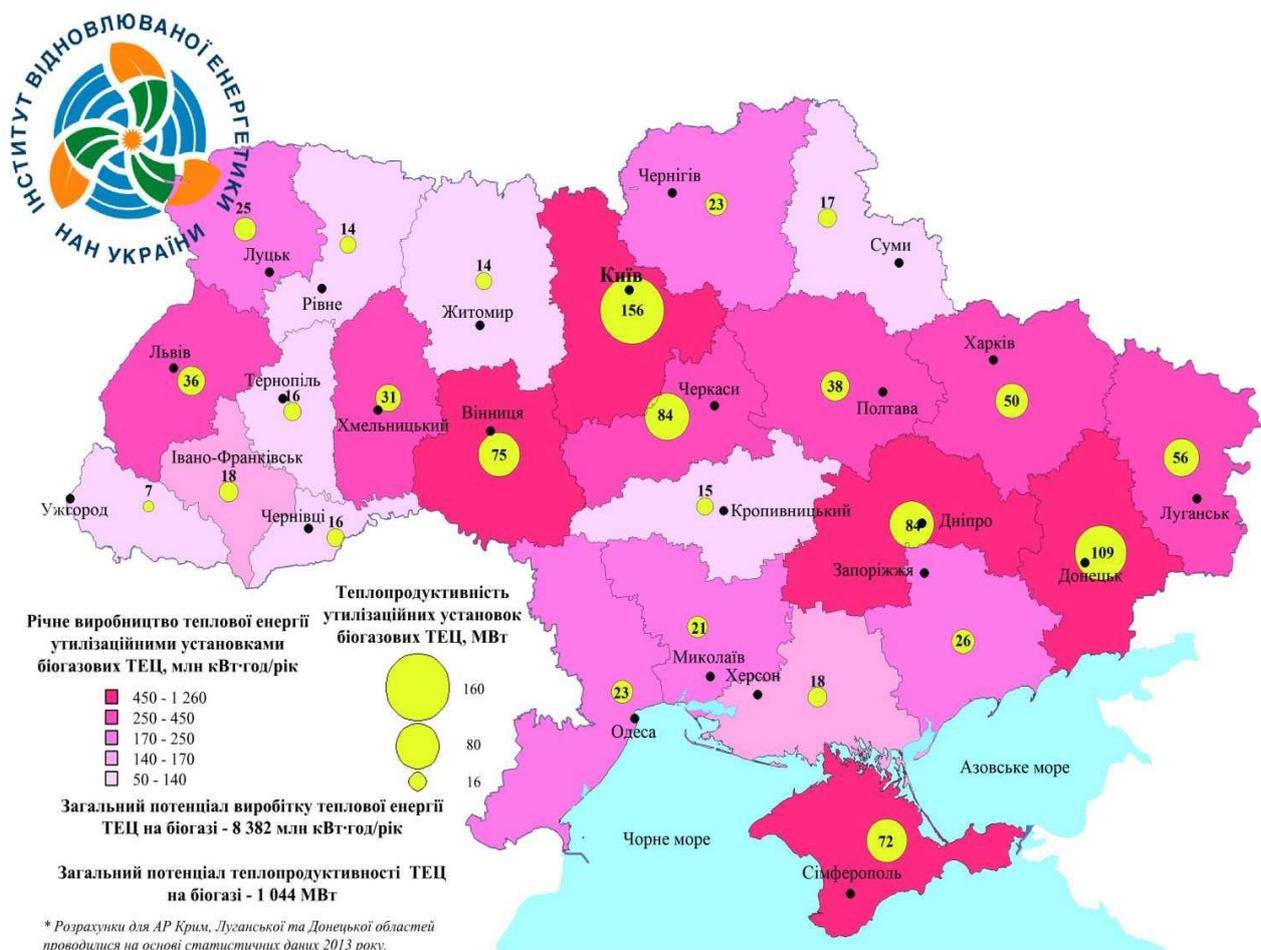


Рисунок 28 – Потенціал теплової енергетики біогазу

8.3. Енергетичний потенціал рідкого біопалива

Біодизель – метиловий та/або етиловий ефіри вищих органічних кислот, отримані з рослинних олій або тваринних жирів і використовуються як біопаливо або біокомпонент у суміші з нафтовим паливом на транспорті. Біоетанол – зневоднений етиловий спирт із біомаси або неочищений етиловий спирт, який використовується як біопаливо або біокомпонент у суміші з нафтовим паливом на транспорті. Україна має необхідні умови для виробництва рідкого біопалива, як за термінами на ґрунтові ресурси та рослинний потенціал, а також на власні виробничі потужності. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал для рідкого біопалива в Україні (рис. 29) відповідає 606 тис. т. н.е. біоетанолу та 620 тис. т. н.е. біодизеля. Найбільший потенціал рідкого біопалива у Вінницькій, Хмельницькій,

універсальної технології та обладнання, а їх вибір є результатом техніко-економічного аналізу під час створення конкретної енергетичної установки з використанням обладнання, доступного на ринку.

У побуті, комунальному господарстві, об'єктах соціальної сфери застосовують котельні установки, найчастіше потужністю до 500 кВт. У невеликих котельних установках реалізація складних технологічних процесів спалювання та очистки продуктів згоряння є проблематичною, часто їх обслуговує персонал із невисокою кваліфікацією. Разом із тим і ці установки мають відповідати сучасним екологічним вимогам. Ця задача розв'язується шляхом забезпечення технічної сумісності твердих біопалив з побутовими котельними установками, призначеними для їх спалювання. Стандартом EN 303-5 на побутові й прирівняні до них опалювальні й водогрійні котли встановлені мінімально-допустимі показники енергетичної ефективності та гранично допустимі показники емісії забруднювальних речовин (табл. 16 та 17) у процесі використання палив, властивості яких унормовані стандартами на тверді біопалива непромислового призначення: дров, тріски, деревних пелет, брикетів, недеревних пелет.

Таблиця 16 – Гранично допустимі викиди під час спалювання біомаси у нових та реконструйованих великих спалювальних установках

Сукупна номінальна ефективна теплова потужність, МВт	SO ₂ , мг/м ³	NO _x , мг/м ³	Пил (тверді частки), мг/м ³
50 – 100	200	250	20
100 – 300	200	200	20
>300	150	150	20

В Україні вимоги вищевказаних директив ЄС реалізуються шляхом прийняття національних нормативно-правових актів – технологічних стандартів, які встановлюють скориговані цілі та терміни їх упровадження з урахуванням стану енергетичного сектора та економіки загалом. Наприклад, міждержавний стандарт ГОСТ 330162014 на котли опалювальні номінальною

тепловою потужністю до 500 кВт із температурою нагріву води до 110 °С і тиском до 6 бар на твердому паливі з ручним та автоматичним керуванням. Навантаження є модифікацією стандарту EN303-5:2012.

Таблиця 17 – Гранично допустимі викиди під час спалювання біомаси в нових та реконструйованих середніх спалювальних установках

Викиди	Номінальна теплова потужність енергоустановки 1 МВт < P < 5 МВт	Номінальна теплова потужність енергоустановки 5 МВт < P < 50 МВт
SO ₂ , мг/м ³	200	200
NO _x , мг/м ³	500	300
Пил (тверді частки), мг/м ³	50	30 (за 5 МВт < P < 20 МВт) 20 (за P > 20 МВт)

8.5. Енергетичний потенціал зеленого водню

Сьогодні світ усе більше звертається до водню як до енергоносія майбутнього для вирішення важливих енергетичних та екологічних проблем. Гідроген є найпоширенішим і найлегшим елементом. Він не має запаху й нетоксичний. Він має найвищий коефіцієнт питомої енергії на вагу – майже втричі більше, ніж у бензину. Однак водень не зустрічається у природі, його необхідно «добувати» з різних джерел. Для отримання (добування) водню потрібне окреме джерело енергії. Як і електрика, водень також є енергоносієм. Європа перебуває на ранніх етапах комплексного енергетичного переходу, метою якого є декарбонізація всіх секторів економіки за короткий проміжок часу. Для цього потрібен чистий водень у великих масштабах. Масштабна декарбонізація ключових сегментів, як-от газотранспортна система, транспорт, промислові процеси, які використовують тепло та водень як хімічну сировину, а також електрифікація економіки та широкомасштабна інтеграція відновлюваних джерел енергії вимагають великі обсяги зберігання чистої енергії. Водень — єдина технологія, яка може вирішити всі ці проблеми. Водень можна перетворити на електрику за допомогою електрохімічного пристрою (паливного елемента). На відміну від акумуляторної батареї, паливні елементи працюють безперервно у присутності водню та кисню (з

навколишнього повітря). Паливні елементи масштабуються і можуть використовуватися як у малих, так і в дуже великих системах. Єдиними побічними продуктами паливних елементів є тепло і вода. Сьогодні в усьому світі спостерігається значне збільшення встановленої потужності відновлюваних джерел енергії (переважно вітру та сонця). У результаті цього зростання енергомережі іноді доводиться обмежувати споживання енергії з відновлюваних джерел, щоб збалансувати попит і виробництво. Використання водню для тимчасового накопичення електроенергії (шляхом перетворення води за допомогою електролізу) допомагає вирішити цю проблему. Водень та електрика фактично є взаємодоповнювальними джерелами енергії. Використання водню як енергоносія для проміжного зберігання з метою забезпечення збалансованого використання відновлюваних джерел енергії (енергії вітру та сонця) на всіх етапах може базуватися на відповідних обсягах генерації.

Потенційно можливий обсяг виробництва «зеленого» водню в Україні розраховано на основі результатів наукових досліджень потенціалу генерації електроенергії з вітрових та фотоелектричних систем. Для розрахунку потенційно можливого обсягу виробництва «зеленого» водню шляхом електролізу прийнято питому енергоспоживання $4,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{н} \cdot \text{м}^3 \text{ H}_2$ або $50,56 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{кг H}_2$.

Використання водню дозволяє створювати короткострокові та довгострокові позасезонні запаси енергії в енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії. Використання відновлюваної вітрової та сонячної енергії для живлення цілих галузей промисловості представляє непереборні проблеми, якщо не доповнити воднем. Водень відіграватиме провідну роль в інтеграції великої кількості відновлюваної енергії в сектори транспорту, опалення та охолодження, які нині важко декарбонізувати. Водень стане основним енергетичним вектором, який уможливить «Європу з нульовими викидами». Загальний потенціал середньорічного виробництва «зеленого» водню становить 505,132 млн кубометрів (44,957 тис. тонн). Його

розподіл по регіонах України наведено на рис. 30.



Рисунок 30 – Потенційний річний виробіток «зеленого» водню

Тема 9. Геоінформаційна основа аналізу застосування ресурсів альтернативної енергетики

9.1. Структура геоінформаційного програмного забезпечення

9.2. Застосування геоінформаційних технологій для оптимізації просторового аналізу ресурсного забезпечення альтернативної енергетики

9.3. Особливості інформаційного забезпечення енергетичного картографування

9.1. Структура геоінформаційного програмного забезпечення

Для ефективного розвитку альтернативної енергетики важливо враховувати регіональні особливості територій. Перед проектуванням систем відновлюваної енергетики необхідно провести детальний аналіз перспектив створення об'єктів на конкретних територіях з урахуванням багатьох чинників. Для цього можна використовувати традиційні та спеціалізовані геоінформаційні системи (ГІС), які дозволяють оцінювати, моделювати та візуалізувати енергетичні показники.

Спеціальні ГІС-продукти розробляються для виконання математичного та картографічного моделювання енергетичного потенціалу та вибору найкращих місць розташування енергетичних активів у конкретних районах АЕС. Такі продукти ГІС існують для підтримки досліджень у сфері вітру (WAsP, MS-Micro/3, CFD, NWP), сонячна (SolarGIS) і гідроенергетика (Hydropower Evaluation Software, SMART Mini-Idro, Hydrohelp, PEACH). Вони враховують місцеві чинники, що впливають на можливість використання ГІС, і використовуються переважно на місцевому рівні.

Важливу роль у проектуванні систем альтернативної енергетики на державному та регіональному рівнях відіграє створення картографічних веб-сервісів, веб-атласів та веб-ГІС у мережі Інтернет, де інформація про різні види енергетичних ресурсів подана у вигляді інтерактивного картографування даних, як-от: Глобальний атлас відновлюваних джерел енергії Міжнародного

агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), комерційний картографічний веб-сервіс 3TIER, веб-атлас Атласу відновлюваної енергії США Національної лабораторії відновлюваної енергетики США, розробки Національного інституту відновлюваної енергетики Академії наук України (особливо Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України, 2020) та ін.

9.2. Застосування геоінформаційних технологій для оптимізації просторового аналізу ресурсного забезпечення альтернативної енергетики

Картографування агроекологічних заходів стає все більш оптимальним завдяки використанню комп'ютерної техніки та сучасних програмних засобів, зокрема геоінформаційних технологій. Для досягнення різних цілей, пов'язаних з обробкою первинних геоданих вітроенергетики, як-от інтерполяція сонячних, вітрових і геотермальних ресурсів, моделювання параметрів річкової мережі та річкового стоку і т.д., необхідне використання комплексних геоінформаційних програмних засобів. Зважаючи умови та чинники території, картографування енергетичних ресурсів допомагає приймати управлінські, стратегічні та оперативні рішення у сфері вітроенергетики.

Основними напрямками застосування ГІС в альтернативній енергетиці є:

- інтеграція даних, різних за формою та джерелами отримання;
- повноцінне і різнобічне управління великими обсягами даних із просторовим компонентом (інформаційна підтримка, моделювання та аналіз);
- укладання різних за змістом і призначенням карт альтернативної енергетики;
- визначення на основі картографічної інформації перспективних районів і майданчиків для розвитку альтернативної енергетики;
- розроблення найкращих шляхів використання енергетичних ресурсів (вибір обладнання, оптимальне розміщення його окремих компонентів на місцевості);

- проектування об'єктів альтернативної енергетики.

У перспективі інтегровані в базу даних ГІС відомості про енергетичні об'єкти можуть створити інформаційну основу для додатків, що регулюють функціонування інтелектуальних електричних мереж (Smart Grids) [4].

Для картографування альтернативної енергетики використовують як універсальні, так і спеціалізовані ГІС. Останні, на відміну від універсальних, розробляються з урахуванням специфіки окремих видів альтернативних джерел енергії. Вони містять спеціалізовані інструменти та алгоритми для аналізу даних про АЕР та механізми, які враховують різні фактори місцевості, що впливають на показники ресурсу, наприклад, наявність рельєфу для вітроенергетичних ресурсів або експозиції схилів для геліоенергетичних ресурсів. У деяких випадках спеціалізовані ГІС навіть враховують параметри, що відображають сучасні технології енергогенерувального обладнання. Це допомагає моделювати технічний енергопотенціал та проектувати енергетичні об'єкти.

Спеціалізовані ГІС вітроенергетики спрямовані на визначення прогностичного виробітку вітроенергетичного потенціалу в конкретному місці встановлення вітротурбіни. Серед них можна назвати програмні продукти WAsP, MS-Micro/3, (лінійні моделі вітрового потоку), CFD (модель обчислювальної гідродинаміки), NWP (модель чисельного прогнозування погоди). У гідроенергетиці застосовують ГІС, що дозволяють оптимізувати використання енергії водного потоку, визначити оптимальне місцеположення гідроелектростанції, потужність обладнання та ін. Прикладами таких програмних продуктів є Hydropower Evaluation Software, SMART Mini-Idro, Hydrohelp, PEACH. Для геліоенергетики застосовують ГІС та інші програмні продукти, що містять інструменти проектування фотоелектричних систем, підключених до мережі або автономних, точного визначення прогнозованого виробітку енергії різними видами обладнання, наприклад, SolarGIS (pvPlanner, iMaps), PV*SOL та ін. Спеціалізовані ГІС мають перевагу в точності результатів математико-картографічного моделювання показників

енергетичного потенціалу. Однак, їх недоліком є обмеження на рівні території, оскільки спеціалізовані ГІС більше придатні для вирішення місцевих задач. Крім того, вони не можуть забезпечити комплексний аналіз усіх типів АЕР, наприклад, виконання задач районування території.

Для створення інформаційно-картографічної бази даних альтернативної енергетики та виконання досліджень на регіональному рівні доцільно застосовувати повнофункціональні ГІС, комерційні: ArcGIS, MapInfo, «Карта» та/або відкриті (безкоштовні): QGIS, gvGIS. Інструменти повнофункціональних ГІС, що мають вбудовані математичні функції та оператори, дозволяють повністю автоматизувати процеси математико-картографічного моделювання та укладання карт.

Найширший набір аналітичних інструментів представлений у програмному продукті ArcGIS компанії ESRI. Серед них наявні два набори інструментів, що мають пряме відношення до картографічного моделювання параметрів АЕР: інструменти аналізу сонячного випромінювання «Solar Radiation» (дозволяють картографувати й аналізувати надходження сонячної радіації на досліджувану територію для конкретних періодів часу) та інструменти групи «Гідрологія» (використовуються для моделювання поверхневих водних потоків, визначення їх порядків та відносних параметрів потужності) [4].

У табл. 18 наведено різноманітні задачі, які виникають під час картографування для потреб альтернативної енергетики. Указано також методи та прийоми їх розв'язання з використанням ГІС-інструментів, які дозволяють оптимізувати робочий процес. Серед цих інструментів є інтерполяційні інструменти, які використовують для побудови ізолінійних карт АЕР, інструменти генералізації, які дозволяють спрощувати контури лінійних та полігональних об'єктів, а також видаляти зайву детальність із растрових поверхонь. Доступні також інструменти автоматизованого імпорту необмежених масивів даних з табличних файлів до середовища ГІС та автоматизованої координатної прив'язки картографічних об'єктів, як-от

пункти метеорологічних та гідрологічних спостережень, об'єкти альтернативної енергетики тощо.

З метою виділення територій, на яких розвиток окремих галузей альтернативної енергетики є неможливим через дію певних обмежувальних чинників (соціальних, екологічних, економічних), використовуються інструменти побудови буферних зон та оверлейні операції з картографічними шарами даних (віднімання, додавання, накладання, об'єднання).

Таблиця 18 – Оптимізація картографічних задач на прикладі застосування геоінформаційного програмного продукту компанії ESRI – ArcGIS

№	Задача, що розв'язується	Метод, прийом	Інструменти ArcGIS	Додаткові модулі ArcGIS
1	Континуалізація первинних даних про АЕР	Методи інтерполяції	Група інструментів «Інтерполяція» (Interpolation) Група інструментів «Щільність» (Density)	Spatial Analyst
2	Спрощення картографічного зображення лінійних та контурних об'єктів	Автоматизована генералізація картографічного зображення	Група інструментів «Генералізація» (Generalization: Smooth Line, Smooth Polygon)	Data Management Tools або Spatial Analyst або Cartography Tools
3	Імпорт атрибутивних даних у середовище ГІС, просторова прив'язка об'єктів локалізованих у пунктах за їх координатами	Імпорт, конвертація даних, координатна прив'язка	Інструмент «Вставка і Зв'язок» (Input and Relates)	Основна панель інструментів
	Приведення карт АЕР до порівняного вигляду, уніфікація шкал, ранжування	Перекласифікація даних відповідно до єдиних шкал	Група інструментів «Перекласифікація» (Reclassify)	3D-Analyst
4	Інтегральна оцінка енергетичного потенціалу АЕР	Складання картографічних шарів	Група інструментів «Алгебра карт» (Map Algebra); Інструмент «Калькулятор растрів» (Raster Calculator)	Spatial Analyst
5	Виділення територій, де можливе розміщення об'єктів АЕ, побудова оптимізаційних картографічних моделей для галузі АЕ (рекомендаційних карт)	Побудова буферних зон, оверлейні операції з шарами даних (накладання, перетин, об'єднання, віднімання, вилучення), аналіз близькості	Групи інструментів «Накладення» (Overlay) та «Близькість» (Proximity)	Analysis Tools

6	Районування території за сприятливістю для розміщення об'єктів АЕ, за рівнем розвитку АЕ, за переважальним видом АЕР	Застосування різних методів класифікації, зокрема кластерного аналізу	Панель інструментів «Класифікація зображень» (Image Classification), інструмент «Ізокластер» (Iso Cluster)	Spatial Analyst
7	Оцінка та картографування показників енергетичних ресурсів річок	Операції із цифровими моделями місцевості	Група інструментів «Гідрологія» (Hydrology)	Spatial Analyst
8	Створення картографічних шарів даних крутизни, експозиції схилів	Операції із цифровими моделями місцевості	Група інструментів «Растрова модель поверхні» (Raster Surface)	3D-Analyst
9	Вимірювання загальних площ ділянок, придатних для розміщення об'єктів геліо-, вітро- та геотермальної енергетики	Картометричні операції	Інструмент «Обчислити поле» (Calculated Field) або «Калькулятор геометрії» (Geometry Calculator)	Набір інструментів «Просторова статистика» (Spatial statistics)

Комплексний ГІС-аналіз місцевих обмежувальних умов та чинників дозволяє ще на етапі проєктування енергетичних об'єктів передбачити та завчасно усунути можливі негативні соціальні й екологічні наслідки впровадження проєктів із використання альтернативних джерел енергії шляхом підбору оптимальних ділянок.

Для знаходження території, що найбільше сприяють розвитку альтернативної енергетики, використовують різноманітні інструменти, як-от пошук найкоротших шляхів, побудова буферів, мережевий аналіз тощо. Наприклад, для визначення зон, які підходять для транспортування теплової енергії, використовують граничну відстань, а для транспортування біоенергетичних ресурсів – повітряні відстані та мережу автомобільних шляхів. Під час складання синтетичних карт альтернативної енергетики, що відображають енергетичний потенціал, районування території та рівень розвитку альтернативної енергетики, застосовують комплекс аналітичних інструментів, як-от перекласифікація даних, математичні операції із шарами даних, інструменти класифікації, кластерний аналіз тощо, що дозволяє

перетворити дані до порівнюваних форматів. Отже, у процесі картографічного забезпечення альтернативної енергетики ГІС-технології дозволяють вирішувати цілий ряд актуальних завдань:

- створення баз геоданих;
- інвентаризація та оцінювання АЕР;
- дослідження закономірностей розміщення об'єктів альтернативної енергетики;
- раціоналізація використання АЕР та просторова оптимізація альтернативної енергетики;
- прийняття рішень з розміщення об'єктів альтернативної енергетики;
- територіальне та галузеве планування, управління паливно-енергетичним комплексом.

Для випадків, коли алгоритм аналізу картографічної інформації потребує застосування значної кількості послідовних операцій, у програмі ArcGIS передбачений додаток Model Builder, призначений для побудови стандартизованих схем аналізу та картографування. У разі неодноразового запуску певного аналітичного алгоритму Model Builder дозволяє прискорити та оптимізувати аналітичні й картографічні роботи [4].

Безумовною перевагою виконання картографічних робіт у ГІС є можливість в будь-який час повернутися до попередніх етапів роботи, внести, за необхідності, зміни у вихідні параметри або скорегувати методику.

9.3. Особливості інформаційного забезпечення енергетичного картографування

Для забезпечення картографічної підтримки альтернативної енергетики необхідне створення потужної геопросторової бази даних, яка має бути інтегрована в середовище ГІС для картографування та аналізу. Наявні джерела інформації не завжди відповідають потребам агроекологічних досліджень через різну форму та час створення. Отже, перед початком картографічної роботи важливо систематизувати, уважно відібрати та підготувати джерела

інформації для додавання в геоінформаційну базу даних. У процесі створення картографічних робіт використовуються різноманітні джерела інформації, як-от: графічні, цифрові та текстові. Графічні джерела, зазвичай, складаються із загальногеографічних та тематичних карт, планів (як електронних, так і паперових), супутникових знімків та електронних географічних баз даних, які використовуються для прив'язки картографічної інформації до просторових координат. Цифрові джерела містять статистичну інформацію, довготривалі метеорологічні, актинометричні та гідрологічні дані, а також координати об'єктів, які потрібно відобразити на карті. Текстові джерела містять програмні, звітні та нормативні документи від державних і приватних установ, органів влади, організацій та підприємств разом з інформацією про об'єкти природоохоронного фонду.

З метою систематизації та впорядкування джерел інформації та встановлення логічних зв'язків у картографічній інформаційній системі для потреб агроекологічних заходів застосовано метод структурно-логічного моделювання [4], який допомагає зібрати дані про об'єкти, індикатори та картографічні ознаки не хаотично, а систематично, за визначеними категоріями, для збору шаблонів баз даних ГІС та з чіткими уявленнями про подальші алгоритми обробки інформації (рис. 31) [4].

На основі вихідних даних, отриманих із різних джерел, укладаються первинні карти, що за змістом об'єднуються у три тематичні блоки:

- карти АЕР;
- карти об'єктів та підприємств альтернативної енергетики;
- карти умов і чинників, що впливають на розміщення об'єктів галузі, (сприяють або обмежують розвиток альтернативної енергетики).

Установи, відомства, організації, інформаційні ресурси, що зосереджують вихідну інформацію для створення картографічних творів для потреб альтернативної енергетики

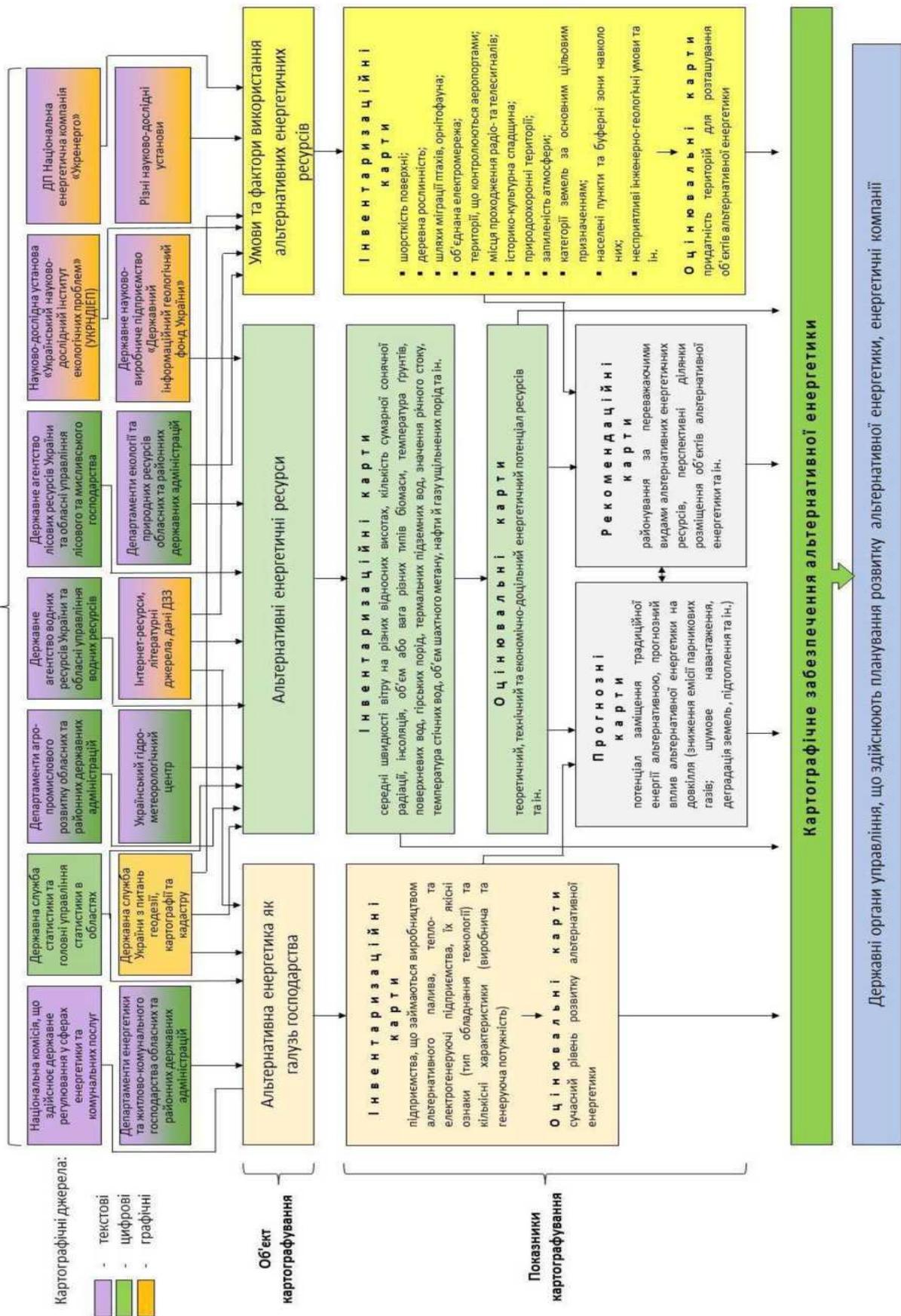


Рисунок 31 – Інформаційне забезпечення картографування для потреб альтернативної енергетики

Для створення карт АЕР використовуються багаторічні статистичні дані від профільних управлінь, департаментів та інших організацій. Наприклад, картографія енергетичних ресурсів вітру, Сонця та малих річок ґрунтується на даних, зібраних на метеорологічних станціях та гідрологічних постах Українського Гідрометцентру протягом багатьох років. Інші джерела інформації, як-от гідрологічні щорічники та довідники, наприклад, «Багаторічні дані про режим і ресурси поверхневих вод суші» (1981-2000 рр. та 2001-2010 рр.), «Малі ріки України: Довідник» (1991 р.) та дані про рівні води, витрати води, температуру, товщину льоду та льодові явища, також використовуються для картографування гідроенергетичних ресурсів малих річок. Крім того, під час моделювання гідрологічних особливостей річок із використанням ГІС-технологій, картографічні дані рельєфу та карти модулів стоку є основними джерелами інформації.

Для карт ресурсів сонячної та вітрової енергії використовуються:

1) дані довгострокових актинометричних, метеорологічних і аерологічних спостережень, зокрема узагальнені у кліматичних довідниках, наприклад, «Кліматичному кадастрі України», що містить середні багаторічні показники сумарної, прямої та розсіяної сонячної радіації, швидкості та напрямку вітру, отримані за період 1961-1990 рр. [4].

2) дані довгострокових супутникових вимірювань, представлені у відкритих базах кліматичної інформації глобального та регіонального охоплення. Найбільш популярною з них є глобальна база даних супутникових вимірювань космічної агенції NASA «Surface meteorology and Solar Energy» (NASA SSE), орієнтована спеціально на використання у сфері альтернативної енергетики. У ній представлені середньорічні та середньомісячні значення показників сумарної, прямої, розсіяної сонячної радіації, що надходить на різні типи поверхні, швидкості та напрямку вітру для різних висот, приведені до умов відкритої місцевості. Дані засновані на супутникових вимірюваннях, проведених у період із 1983 по 2005 рік, і представлені для вузлів регулярної сітки $1^{\circ} \times 1^{\circ}$. Шляхом математичного моделювання розраховуються

актинометричні показники, які враховують дані супутникових вимірювань радіаційного балансу на верхній межі атмосфери, альbedo земної поверхні, стан хмарності, вміст аерозолів, озону та інших радіаційно-активних складових. Для моделювання швидкості вітру на різних висотах використовують тип підстильної поверхні. Для формування та оновлення бази даних NASA SSE використовують результати супутникового моніторингу ландшафтів. Після моделювання результати верифікуються з використанням даних наземних вимірювань, проведених в різних частинах Землі [4].

3) дані, отримані за допомогою RETScreen Clean Energy Management Software (скорочено RETScreen) – безкоштовного програмного пакету для аналізу проєктів АЕ, розробленого на замовлення уряду Канади. Він містить як кліматичні дані наземних вимірювань, так і параметри, отримані з бази даних NASA SSE, і дозволяє визначати кількість виробленої енергії з урахуванням технічних характеристик обладнання, наприклад, оперативно розрахувати виробіток енергії певним типом геліосистем для заданої точки місцевості та кута їх установаження;

4) інформація про кліматичні характеристики та радіацію сонця вивчається за допомогою кліматичного моделювання у різних точках сітки, використовуючи дані з різних джерел. Ці дані можуть бути представлені у вигляді растрових карт або таблиць. Деякі з найбільш поширених глобальних моделей доступні в Україні через інтерактивний геоінформаційний ресурс «Глобальний атлас відновлюваної енергії», як-от глобальний набір геліоданих Vaisala (з роздільною здатністю сіткової моделі 3 км) та глобальна карта сонячної радіації Meteotest (з роздільною здатністю 8 км).

Для укладання карт геотермальних ресурсів використовуються:

- дані термометричних досліджень та каротажних зондувань свердловин, що, здебільшого, проводяться в ході пошуково-розвідувальних робіт запасів вуглеводнів та підземних вод;
- наявні геотермічні карти, укладені для різних глибин (наприклад, растрові картографічні шари даних інтерактивного веб-атласу геотермальних

ресурсів Європи, створеного в рамках проєкту «The GeoElec project», 2011 – 2013 р. [4]), а також карти підземних вод, їх температур, мінерального складу, глибини залягання (наприклад, карти термальних вод «Національного атласу України» [3]).

Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України» (ДНВП «ГЕОІНФОРМ УКРАЇНИ») має найбільші обсяги геологічної інформації. Це підприємство займається збором, накопиченням, обліком, зберіганням та аналітичною обробкою результатів геологічних, геофізичних, гідрогеологічних та інженерно-геологічних досліджень надр, а також моніторингом геологічного середовища і мінерально-сировинної бази.

Під час створення картографічних робіт із вітро-, геліо- та геотермальних ресурсів необхідно враховувати методичні особливості укладання карт за допомогою ізоліній. Для уникнення граничного ефекту в ході проведення інтерполяції та розроблення ізолінійних карт необхідно використовувати контрольні точки за межами території, що картографується. Отже, для збору вихідної інформації для картографування зазначених видів АЕР необхідно долучати набори даних суміжних територій.

Інформація для укладання карт біоенергетичних ресурсів розосереджена по різних організаціях, відомствах та установах:

- первинні дані для розрахунку тваринної та рослинної біомаси містять статистичні показники щодо кількості худоби та обсягів виробництва сільськогосподарської продукції, як-от врожайність сільськогосподарських культур та вирощування енергетичних культур. Ці дані можна знайти в Департаментах агропромислового розвитку обласних та районних державних адміністрацій або в Головних управліннях статистики в областях, що належать до Державної служби статистики;

- дані щодо об'ємів твердих побутових відходів, площ та термінів дії звалищ наявні в Департаментах екології та природних ресурсів обласних та районних державних адміністрацій, міських рад, у Міністерстві екології та

природних ресурсів України;

- інформація про продуктивність очисних споруд зберігається в Департаментах енергетики та житлово-комунального господарства обласних та районних держадміністрацій, а також в обласних управліннях водних ресурсів. Дані щодо обсягів утворення осаду на станціях очищення комунальних стічних вод зберігаються в підприємствах, які забезпечують централізоване водопостачання та водовідведення;

- дані про відходи деревини та масштаби рубок можна отримати в лісгоспах та управліннях лісового та мисливського господарства.

Створення карт об'єктів альтернативної енергетики базується на даних щодо потужності енергогенерувальних об'єктів та підприємств, що виробляють альтернативні види палива. Однак в Україні відсутні механізми збору та інвентаризації таких об'єктів, що є недоліком. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, регулярно публікує списки наявних об'єктів альтернативної енергетики, які працюють за «зеленим тарифом» на своєму офіційному веб-сайті. Проте не всі підприємства альтернативної енергетики отримують ліцензії на «зелений тариф». Отже, складання карт для цього напряму ускладнюється через відсутність повних та достовірних джерел інформації.

Об'ємна база даних про підприємства та об'єкти біоенергетики представлена на офіційному сайті НТЦ «Біомаса».

Перелік карт умов і чинників, що впливають на розміщення об'єктів альтернативної енергетики досить широкий, тому їх укладання на основі первинної інформації не є можливим. Більшість картографічних творів цього тематичного блоку укладаються на основі наявних карт різних тематичних напрямів, топографічних карт і доповнюються даними з інших картографічних джерел. Зокрема застосовуються:

- карти земельних ресурсів, доповнені відомостями Управлінь та відділів земельних ресурсів і державного земельного кадастру;

- карти і схеми електромереж та дані ДП «Національна енергетична

компанія «Укренерго»;

- карти шляхів міграції птахів та текстові джерела, що містять інформацію про місця гніздування птахів і кажанів, видів орнітофауни, занесених у Червону книгу;

- карти та текстові джерела з даними про флору та фауну водних об'єктів та берегових зон, зокрема про рідкісні види іхтіофауни;

- карти екологічної мережі та природно-заповідного фонду, що доповнюються відомостями Міністерства екології та природних ресурсів України, профільних обласних та районних управлінь і департаментів;

- карти об'єктів історико-культурної спадщини, доповнені даними реєстрів пам'яток, що ведуться департаментами містобудування та архітектури, культури і туризму обласних державних адміністрацій;

- карти несприятливих інженерно-геологічних умов, шляхів сполучення.

Для побудови цифрової моделі рельєфу, карт крутизни та експозиції схилів слід використовувати топографічні карти, дані радарної топографічної зйомки Землі – Shuttle radar topographic mission (SRTM), представлені у растровому форматі з роздільною здатністю 90 м та дані глобальної цифрової моделі рельєфу ASTER GDEM (ASTER Global Digital Elevation Model) – растрові матриці дозволом 15 м на піксель.

Для визначення показників шорсткості земної поверхні та точних географічних координат пунктів державної гідрометеорологічної мережі, енергетичних об'єктів АЕ застосовуються космічні знімки (в цьому процесі виправданим із точки зору оперативності та зручності є використання програмних засобів Google Earth, SASPlanet).

Тема 10. Лімітуючі чинники, що впливають на розвиток альтернативної енергетики

10.1. Основні чинники розвитку відновлюваної енергетики

10.2. Чинники, що обмежують, або стримують розвиток альтернативної енергетики та рекомендації щодо їх усунення

10.1. Основні чинники розвитку відновлюваної енергетики

Опрацювання здобутків науковців дають змогу серед основних чинників розвитку енергетики з нетрадиційних джерел виділити такі:

1. Обмеженість ресурсів. У структурі світового енергоспоживання на вугілля припадає 27 % первинних енергоносіїв, тоді як на нафту – 40 %, природний газ – 23 %, ядерне паливо – 7,5 %, гідроенергію – 2,5 %. З урахуванням значного прогнозованого зростання обсягів споживання загальних розвіданих світових ресурсів викопних палив усіх видів вистачить відповідно: вугілля – на 250-300, нафти – на 30-40, природного газу – на 50-70 років [19]. Отже, вичерпність традиційних джерел енергії змусило людство шукати інші шляхи забезпечення своїх потреб. На відміну від викопних енергоресурсів альтернативні джерела енергії мають необмежений запас, їх можна використовувати впродовж тривалого часу без загрози вичерпання.

2. Забруднення навколишнього середовища. Використання традиційних джерел енергії призводить до погіршення екології, в результаті чого людство має боротися із проблемами глобального потепління, озонових дір, радіаційних викидів, забруднення повітря, води і земельних ресурсів. Така ситуація негативно впливає на стан здоров'я теперішніх і майбутніх поколінь, а тому є соціальним каталізатором процесу становлення «зеленої енергетики». Електростанції на альтернативних джерелах не забруднюють екологію, а дають можливість одержати чисту енергію без відходів і негативного впливу на екосистеми.

3. Розвиток науково-технічного прогресу. З розвитком науки вдосконалюються технології видобутку енергії із традиційних джерел, проте

стовідсоткової енерговіддачі так і не було досягнуто – залишаються відходи, які майже неможливо використати повторно. Крім того, території, з надр яких видобуто енергоресурси, потребують відновлення. Через це і виникли нові завдання щодо використання джерел енергії, які мають більш високу енергоефективність.

4. Постійне зростання цін на енергоносії. Монопольне встановлення цін на паливно-енергетичні ресурси країнами-постачальниками зумовлене територіальним розміщенням на їхній території покладів джерел енергії. Це зумовлює пошук енергії, наявної на території кожної країни, що дає змогу отримувати енергію без посередників. Альтернативні джерела здебільшого не потребують постійно додаткових витрат для видобутку, лише для перетворення на енергію. Це допомагає значно знизити вартість одиниці енергії та заощадити власні кошти й зусилля. Нині існують державні програми, що спрощують оподаткування для бізнесу, який активно використовує енергію вітру, води і Сонця. Це дасть змогу зменшити витрати та підвищити рентабельність підприємств.

5. Удосконалення нормативно-правової бази. Розуміння важливості розвитку альтернативної енергетики на загальнодержавному рівні зумовило зміни законодавчої бази у провідних країнах світу, яка стала рушійним поштовхом для розвитку відновлювальної енергетики як альтернативи традиційній. Для збалансування поточного природокористування з довгостроковими перспективами та цілями існує необхідність розроблення державної політики, яка базуватиметься на принципах прозорості, справедливості, соціальної відповідальності [2]. Реалізація цих принципів сьогодні означає активне впровадження використання альтернативних джерел енергії на всіх рівнях вітчизняного господарства.

Переваги та недоліки різних видів альтернативної енергетики наведено в табл. 19.

Таблиця 19 – Переваги та недоліки застосування альтернативної енергетики

Вид енергії	Сонячна	Вітрова	Гідро –	Біо –	Геотер- мальна
Застосування					
Виробництво електроенергії	+	+	+	+	+
Виробництво теплової енергії	+			+	+
Транспортний сектор	+			+	
Переваги	загальнодоступність, поновлюваність, екологічність				
	довговічність установок	займають відносно мало місця	регулювання потужності, простота в експлуатації, дешевий вид енергії	переробка відходів	висока тепловіддача
Недоліки	висока вартість, залежність від клімату, потреба в території	шумове забруднення, залежність від клімату, потреба в території	залежність від клімату, затоплення території	необхідність використання тепла біля джерела видобутку енергії	

10.2. Чинники, що обмежують, або стримують розвиток альтернативної енергетики та рекомендації щодо їх усунення

Крім сприятливих, можна виділити також ряд чинників, що обмежують, або стримують розвиток альтернативної енергетики, а саме:

1. Низька довіра до системи стимулювання розвитку ВДЕ пов'язана з:
 - невизначеністю з вектором довгострокового розвитку енергетичного сектора, особливо після 2030 року;
 - відміною податкових пільг для ВДЕ;
 - зменшенням розміру зелених тарифів;
 - збільшенням вартості приєднання до електромереж;
 - введенням штрафів за небаланс (законопроект);
 - обмеженням терміну дії технічних умов на приєднання до енергосистеми (законопроект).

Для подолання цієї групи чинників вченими рекомендовано зробити більш прогнозованою державну політику у сфері ВДЕ шляхом:

- розроблення довгострокового бачення та стратегії розвитку сектора з урахуванням пропозицій учасників ринку, МФО та донорів, здійснюючи заходи щодо заохочення стратегічних інвестицій;

- проведення комунікаційної кампанії, спрямованої на підтвердження державної політики розвитку сектора ВДЕ та заохочення входу на ринок міжнародних стратегічних інвесторів.

2. Бар'єри щодо входу на ринок:

- обмеженість інформації щодо оцінки технічного потенціалу різних видів ВДЕ у регіонах України;

- обмеженість інформації щодо можливостей приєднання до електромереж;

- складна система погодження, велика кількість дозволів;

- гарантії викупу виробленої енергії та гарантії встановлення «зеленого» тарифу на етапі планування проєкту не надаються;

Для подолання цієї групи чинників вченими рекомендовано:

- підтримка розробників та передпроєктних досліджень у вигляді грантів, технічної допомоги тощо;

- спрощення та оптимізація дозвільних процедур (наприклад, за рахунок створення єдиного вікна для розробників, підприємців та інвесторів);

- організація заходів та програм із підтримки контактів між інвесторами та розробниками і підприємцями (підтримка представництва українських проєктів на закордонних заходах та проведення таких заходів в Україні із залученням міжнародних інвесторів, виробників, МФО та донорів);

- підтримка законодавчих ініціатив щодо надання гарантій про викуп виробленої енергії та про встановлення «зеленого» тарифу на етапі проєктування.

3. Складнощі із приєднанням до електромереж:

- обмежена інформація про технічні можливості приєднання в окремих містах та регіонах України;

– у разі приєднання на рівні обленерго присутні труднощі щодо прогнозування термінів та непрозорість процесу отримання технічних умов і підписання договору про приєднання до електромереж;

– обмеження терміну дії технічних умов на приєднання до мереж (законопроект);

– поганий технічний стан електричних мереж підвищує вартість приєднання та ускладнює проектування.

Для подолання цієї групи чинників вченими рекомендовано:

– спрощення дозвільних процедур щодо приєднання до електромереж та їх взаємоузгодження з національною системою стимулювання розвитку ВДЕ;

– розроблення стандартних документів та оптимізація процесів щодо приєднання, які відповідатимуть умовам залучення фінансування;

– інформаційні та освітні програми для операторів мереж;

– підтримка програм модернізації електричних мереж (особливо з напругою 154 кВ та нижче).

4. Доступність фінансування:

– мала пропозиція програм від МФО та донорів у секторі ВДЕ, низька поінформованість учасників ринку про наявні та потенційні програми;

– низька активність комерційних банків;

– низька активність інвесторів;

– відсутні прецеденти входу стратегічних «гравців» на ринок;

– відсутність практики колективного/кооперативного інвестування у проекти ВДЕ.

Для подолання цієї групи чинників ученими рекомендовано:

– розроблення інформаційних/освітніх програм для комерційних банків із метою пояснення можливостей та особливостей кредитування ВДЕ;

– допомога комерційним банкам у частині проведення комплексної юридичної та фінансової перевірки проєктів відновлюваної енергетики;

- використання коштів донорів та фондів з боротьби зі змінами клімату для активізації інвестицій у сектор ВДЕ та покращення умов фінансування комерційними банками;

- сприяння розвитку колективного/кооперативного інвестування у ВДЕ за прикладом європейських енергетичних кооперативів.

5. Соціальне несприйняття ВДЕ:

- мають місце випадки несприйняття громадами проєктів через можливий негативний вплив на екологію;

- упередженість населення щодо підвищення тарифів на електроенергію через застосування «зелених» тарифів;

- економічні, соціальні та екологічні переваги проєктів для багатьох громад не є очевидними.

Для подолання цієї групи чинників вченими рекомендовано:

- розроблення програм залучення місцевих громад до проєктів ВДЕ;

- підтримка демонстраційних проєктів щодо ВДЕ;

- підтримка державних та локальних органів влади в питаннях розробки посібників щодо критеріїв та прикладів успішної реалізації проєктів;

- комунікація переваг від упровадження ВДЕ (охорона навколишнього середовища, покращення місцевої інфраструктури, створення нових робочих місць);

- заохочення учасників ринку до впровадження кращих практик соціальної відповідальності та реалізації соціальних заходів.

Перелік питань до підсумкового контролю знань.

1. Що таке відновлювані джерела енергії?
2. Від чого залежить якість вітру?
3. Від чого залежить якість сонячного випромінювання?
4. Яке відновлюване джерело енергії є найбільш потужним у світі?
5. Які регіони України мають найкращі умови для використання сонця?
6. Що таке вітроенергетика?
7. Які переваги має використання сонячної енергії?
8. Що таке біомаса?
9. Які види альтернативної енергетики використовуються в Україні найбільше?
10. Яка найбільша гідроелектростанція України?
11. Яке ставлення країни до використання альтернативної енергетики називається «енергетичною стратегією»?
12. Які типи сонячних панелей використовуються найчастіше?
13. Яка кількість сонячної енергії, що надходить на Землю, перевищує світову потребу в енергії в 10 000 разів?
14. Яка величина площі сонячної панелі потрібна, щоб забезпечити один кіловат годину електроенергії на день?
15. Що таке вітроелектростанція?
16. Що таке геліосистема?
17. Які регіони України мають найбільший потенціал для розвитку вітроенергетики?
18. Що таке біогаз?
19. Що таке гідроенергетика?
20. Як називається український проєкт, який передбачає використання вітрових електростанцій на узбережжі Чорного моря?
21. Як називається електростанція, яка використовує енергію вітру для виробництва електроенергії та знаходиться на південному сході України?

22. Які види вітроенергетики існують?
23. Що таке теплові насоси?
24. Яке місце серед країн світу посідає Україна за виробництвом електроенергії з вітрових установок?
25. Як називається енергія, яка виділяється під час розкладу органічної речовини під впливом мікроорганізмів за відсутності повітря?
26. Як називається український проєкт щодо виробництва електроенергії із сонячної енергії у Криму?
27. Який відсоток електроенергії в Україні виробляється з відновлюваних джерел енергії?
28. Який вид відновлюваної енергії має найбільший потенціал у Північному регіоні України?
29. Яка область України має найбільший потенціал для виробництва електроенергії із сонячної енергії?
30. Яка з областей України має найбільший потенціал для виробництва електроенергії з біомаси?
31. Яка з областей України має найбільший потенціал для виробництва електроенергії з гідроенергії?
32. Які дві області України мають найбільший потенціал для виробництва електроенергії з вітроенергії?
33. Яка з областей України має найбільший потенціал для виробництва електроенергії з водневої енергії?
34. Які дві області України мають найбільші потенціали для виробництва електроенергії з біомаси?
35. Яка область України має найменший потенціал для виробництва електроенергії з вітроенергії?
36. Яка область України має найбільший потенціал для виробництва електроенергії з геотермальної енергії?
37. Яка область України має найбільший потенціал для виробництва електроенергії з морських течій?

38. Який тип відновлюваної енергії найбільш поширений в Україні?
39. Яке місто України має найбільшу кількість сонячних електростанцій?
40. Яка відновлювана енергія має найбільш високу максимальну потужність в Україні?
41. Який регіон України має найбільшу кількість гідроелектростанцій?
42. Які дві області України мають найбільші потенціали для виробництва електроенергії із сонячної енергії?
43. Яка вітрова електростанція є найбільшою в Україні за потужністю?
44. Які два регіони України мають найбільші потенціали для виробництва електроенергії з біомаси?
45. Який тип відновлюваної енергії має найбільший потенціал для розвитку в Україні?
46. Який проєкт є найбільшим в Україні з будівництва вітрових електростанцій?
47. Які дві області України мають найбільші потенціали для виробництва електроенергії з геотермальної енергії?
48. Які дві області України мають найбільші потенціали для виробництва електроенергії з водневої енергії?
49. Які дві області України мають найбільші потенціали для виробництва електроенергії з морської хвилі?
50. Яке обладнання використовують для перетворення сонячної енергії в електричну?
51. Які два типи біопалива виробляють в Україні найчастіше?
52. Яка доля відновлюваних джерел енергії в загальній кількості виробленої електроенергії в Україні у 2020 році?
53. Які типи енергії належать до відновлюваних джерел енергії?
54. Що таке вітрогенератор?
55. Який тип вітрогенераторів є найбільш поширеним у світі?

56. Який регіон України має найбільший потенціал для розвитку вітроенергетики?
57. Що таке сонячні колектори?
58. Який тип сонячних електростанцій використовується найчастіше в Україні?
59. Яка доля електроенергії, виробленої на сонячних електростанціях в Україні у 2020 році?
60. Який тип геотермальних електростанцій є найбільш ефективним?
61. Який регіон України має найбільший потенціал для розвитку геотермальної енергетики?
62. Яка доля електроенергії, виробленої на гідроелектростанціях в Україні у 2020 році?
63. Який тип гідроелектростанцій є найбільш поширеним у світі?
64. Яке відновлюване джерело енергії найбільш поширене в Україні?
65. Що таке потенціал енергії малих річок?
66. Який потенціал енергії малих річок є в Україні?
67. Які вимоги ставлять до річок, щоб їх можна було використати для виробництва електроенергії?
68. Які переваги має використання потенціалу енергії малих річок?
69. Які чинники впливають на потенціал енергії малих річок?
70. Які чинники впливають на потенціал геотермальної енергії?
71. Які види геотермальних електростанцій існують?
72. Де в Україні можна знайти потенціал геотермальної енергії?
73. Які переваги має використання геотермальної енергії?
76. Які види геотермальних ресурсів можна використовувати для отримання енергії?
77. Як називається процес отримання енергії з геотермальних ресурсів?
78. Які країни є найбільшими виробниками геотермальної енергії у світі?
79. Який тип геотермальної електростанції є найбільш поширеним?

80. Який тип геотермальної електростанції використовує найбільшу кількість теплової енергії?
81. Які чинники впливають на вартість геотермальної енергії?
82. Який регіон України має найбільший потенціал для розвитку гідроенергетики?
83. Які види відновлюваних джерел енергії є найбільш розповсюдженими в Україні?
84. Який тип вітрових електростанцій найбільш ефективний в умовах України?
85. Який відсоток електроенергії в Україні виробляється з відновлюваних джерел енергії?
86. Що таке біопаливо?
87. Яка сонячна електростанція є найбільшою в Україні за потужністю?
88. Який відсоток потенціалу вітрової енергії відносно загального потенціалу відновлюваних джерел енергії в Україні?
89. Яке відношення до відновлюваної енергії має воднева енергетика?
90. Який тип вітрових електростанцій використовується найчастіше?
91. На якій глибині можна знайти теплову енергію землі?
92. Як називається технологія отримання енергії з гарячих джерел?
93. Яка країна є лідером за використанням геотермальної енергії?
94. Як називається спосіб використання геотермальної енергії для опалення будівель?
95. Яку температуру має земна кора на глибині 1 км?

Рекомендована література

1. Екологія [Текст] : навч. посіб. для студентів усіх спец. та усіх форм навчання / В. В. Березуцький, Л. А. Васьковець, О. М. Древаль ; за ред. проф. В. В. Березуцького ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – 419 с. : рис., табл. – Бібліогр.: с. 417-419. – 300 прим. – ISBN 978-617-7305-13-1

2. Древаль О.М. Основи екології : навч.-метод. посібник / О.М. Древаль, О.Г. Янчик. – Харків : НТУ «ХПІ», 2017. – 146 с.

3. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с.

4. Агапова О. Л. Картографування для потреб альтернативної енергетики в Україні [Текст] : дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.12 / О. Л. Агапова; НАН України, Ін-т географії. – К., 2016. – 230 с. Режим доступу: https://shron1.chtyvo.org.ua/Ahapova_Olena/Kartohrafuvannia_dlia_potreb_alternatyvnoi_enerhetyky_v_Ukraini.pdf

5. Мороз А. В. Технічний потенціал гідроенергетичних ресурсів малих річок України : дис. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук. : спец. 05.14.08 – перетворювання вілюваних видів енергії / Анастасія Віталіївна Мороз // – К.: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2015. – 227 с.

6. Методика узагальненої оцінки технічно-досяжного енергетичного потенціалу біомаси / В. О. Дубровін, Г. А. Голуб, С. В. Драгнев, Г. Г. Гелетуша, Т. А. Железная, П. П. Кучерук, Ю. Б. Матвеев, С. О. Кудря, Г. М. Забарний, З. В. Маслюкова. – К. : ТОВ «Віол-принт», 2013. – 25 с.

Надходження сонячної енергії на горизонтальну поверхню в регіонах України: S – прямої сонячної радіації, D – розсіяної сонячної радіації, (S +D) – сумарної радіації

Область	Радіація, кВт.год/м ²	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1. Чернігівська (Придеснянська МТС)	S	4,656	10,475	27,94	48,89	77,99	83,81	84,97	73,33	45,40	24,44	8,148	4,656	494,7
	D	20,95	31,43	51,22	59,36	81,48	76,82	83,81	67,51	48,89	32,59	13,97	10,476	578,5
	S+D	25,61	41,91	79,16	108,25	159,47	160,63	168,78	140,84	94,29	57,03	22,12	15,13	1073,2
2. Сумська (Конотопська МТС)	S	4,656	13,97	36,08	47,72	74,5	84,97	91,96	74,5	51,22	20,95	6,94	3,49	511
	D	19,79	27,94	47,72	62,86	82,64	81,48	82,64	68,68	48,89	31,43	15,13	12,8	582
	S+D	24,45	41,91	83,80	110,58	157,14	166,45	174,6	143,18	100,11	52,38	22,07	16,29	1093
3. Волинська (Ковельська МТС)	S	4,656	11,64	38,41	46,56	69,84	84,97	74,5	60,53	45,4	20,95	6,98	4,656	469
	D	20,95	31,43	52,38	64,02	83,81	84,97	84,97	72,17	52,38	34,92	15,13	12,8	609,9
	S+D	25,61	43,07	90,79	110,58	153,65	169,94	159,47	132,7	97,78	55,87	22,11	17,46	1078,9
4. Київська (Тетерівська МТС)	S	4,656	11,64	33,76	48,89	73,33	86,14	87,3	71,0	45,4	24,44	5,82	3,49	495,9
	D	22,12	29,1	46,56	68,68	75,66	80,32	80,32	62,86	50,05	32,6	16,3	10,48	575
	S+D	26,78	40,74	80,32	117,57	148,99	166,46	167,62	133,86	95,45	57,04	22,12	13,97	1070,9
5. Київська (МТС м. Києва)	S	6,98	15,13	36,08	53,54	82,64	98,94	95,45	82,64	57,04	29,1	6,98	4,66	569,2
	D	19,79	26,77	47,72	62,86	79,15	83,81	81,48	66,35	48,89	33,76	17,46	13,97	582
	S+D	26,77	41,9	83,8	116,4	161,8	182,75	176,93	149,0	105,93	52,86	24,44	18,63	1151,2
6. Київська (Баришівська МТС)	S	8,15	13,97	30,26	54,71	79,15	94,28	97,78	79,15	52,38	27,94	8,15	3,49	549,4
	D	19,79	26,77	41,9	65,18	76,82	83,81	81,48	66,35	48,89	31,45	17,46	11,64	571,5
	S+D	27,94	40,74	72,16	119,89	155,97	178,09	179,26	145,5	101,27	59,37	25,61	15,13	1120,9
7. Київська (Бориспільська МТС)	S	6,98	13,97	29,1	53,54	87,3	91,96	97,78	76,82	52,38	29,1	6,98	3,49	549,4
	D	20,95	29,1	43,07	66,35	80,32	83,81	79,15	66,35	50,05	31,43	17,46	12,8	580,8
	S+D	27,93	43,07	72,17	119,89	167,62	175,77	176,93	143,17	102,43	60,53	24,44	16,29	1130,2
8. Хмельницька (Нова Ушиця МТС)	S	8,15	16,3	38,41	54,71	72,17	88,46	94,28	80,32	60,53	31,43	8,15	6,98	559,9
	D	24,44	33,76	54,71	66,35	84,97	83,81	83,81	67,51	48,89	33,76	18,62	16,3	616,9
	S+D	32,59	50,06	93,12	121,06	157,14	172,27	178,09	147,83	109,42	65,19	26,77	23,28	1176,8
	S	9,31	19,79	50,05	74,5	98,94	130,37	116,4	107,09	73,33	25,61	11,64	4,66	721,7

9. Луганська (Деркульська МТС)	D	20,95	31,43	52,38	55,87	68,68	71,0	73,33	61,69	45,4	33,76	20,95	15,13	550,6
	S+D	30,26	51,22	102,43	130,37	167,62	201,37	189,73	168,78	118,73	59,37	32,59	19,79	1272,3
10. Кропивницька	S	8,15	17,46	36,08	60,53	77,99	98,94	102,43	89,63	69,84	34,92	9,31	4,66	609,9
	D	19,79	29,1	48,89	55,87	82,64	77,99	82,64	61,69	40,74	30,26	16,3	16,3	562,2
	S+D	27,94	46,56	84,97	116,4	160,63	176,93	185,07	151,32	110,58	65,18	25,61	20,96	1172,2
11. Донецька, (Велико-Ана- дольська МТС)	S	8,15	17,46	39,58	60,53	88,47	108,25	116,4	104,76	73,33	37,25	10,45	3,49	668,1
	D	22,12	31,43	54,71	60,53	79,15	74,5	74,5	61,7	44,23	33,76	20,95	18,62	576,2
	S+D	30,27	48,89	94,29	121,06	167,62	182,75	190,9	166,46	117,56	71,01	31,40	22,11	1244,3
12. Закарпатська	S	9,31	15,13	44,23	62,86	82,64	91,96	90,79	87,3	71,0	39,58	10,48	6,98	612,3
	D	20,95	30,26	48,89	62,86	82,64	82,64	84,97	71,0	50,05	34,92	20,95	11,64	601,8
	S+D	30,26	45,39	93,12	125,72	165,28	174,6	175,76	158,3	121,05	74,5	31,43	18,62	1214,1
13. Одеська (МТС м. Одеса)	S	9,31	16,3	43,07	76,82	114,07	130,37	143,17	121,06	84,97	39,58	12,8	8,15	799,7
	D	23,28	30,26	51,22	64,02	73,33	71,0	67,51	57,04	45,4	39,58	22,12	19,79	564,6
	S+D	32,59	46,56	94,29	140,84	187,4	201,37	210,68	178,10	130,37	79,16	34,92	27,94	1364,2
14. Одеська (Белградська МТС) МТС)	S	15,13	20,95	44,23	59,36	88,46	100,1	121,06	111,74	86,14	46,56	13,97	10,48	718,2
	D	22,12	29,1	47,72	59,36	72,17	69,84	68,68	61,69	44,23	36,08	20,95	17,46	549,4
	S+D	37,25	50,05	91,95	118,72	160,63	169,94	189,74	173,43	130,37	82,64	34,92	27,94	1267,6
15. Полтавська	S	8,15	16,3	32,59	50,05	80,32	97,78	97,78	84,97	55,87	23,28	10,48	4,66	562,2
	D	18,62	26,77	47,72	68,68	73,33	74,5	79,15	57,04	48,89	31,43	15,13	13,97	544,8
	S+D	26,77	43,07	80,32	118,73	153,65	172,3	176,93	142,01	104,76	54,71	25,61	18,63	1106,9
16. Запорізька (Ботевська МТС)	S	6,98	17,46	37,23	64,02	100,1	111,74	123,38	105,92	77,99	34,92	11,64	4,66	696,1
	D	22,12	32,59	51,22	67,51	75,66	75,66	76,82	62,86	46,56	37,25	20,95	16,3	585,5
	S+D	29,1	50,05	88,45	131,53	175,76	187,4	200,2	168,78	124,55	72,17	32,59	20,96	1281,5
17. Херсонська (Асканія-Нова МТС)	S	11,64	18,62	44,23	67,51	104,76	118,73	132,7	112,91	80,32	43,07	15,13	8,15	757,8
	D	23,28	33,76	51,22	67,51	80,32	77,99	71,0	64,02	48,89	33,76	20,95	17,46	590,2
	S+D	34,92	52,38	95,45	135,02	185,08	196,72	203,7	176,93	129,21	76,83	36,08	25,61	1347,9
18. Херсонська (МТС м. Херсон)	S	10,48	18,62	43,07	66,36	102,43	118,73	125,71	115,24	76,82	39,58	12,8	9,31	739,1
	D	20,95	31,43	54,71	65,18	79,15	76,82	77,99	62,86	50,05	38,41	22,12	17,46	597,1
	S+D	31,43	50,05	97,78	131,53	181,58	195,55	203,7	178,10	126,87	77,99	34,92	26,77	1336,2
	S	15,13	20,95	47,72	77,99	96,61	123,38	145,5	123,38	87,3	59,36	22,12	11,64	831,1
	D	24,44	31,43	51,22	59,36	73,33	69,84	66,35	57,04	48,89	38,41	27,94	20,95	569,2

19. АР Крим (Євпаторійська МТС)	S+D	39,57	52,38	98,94	137,35	169,94	193,22	211,85	180,42	136,19	97,77	50,06	32,59	1400,3
20. АР Крим (Карадазька МТС)	S	16,3	20,95	44,23	74,5	110,58	135,02	145,5	125,71	95,45	51,22	20,95	11,64	852,1
	D	27,94	34,92	53,54	65,18	71,0	66,35	58,2	45,4	39,58	39,58	25,61	20,95	584,3
	S+D	44,24	55,87	97,77	139,68	181,58	201,37	203,7	171,11	135,03	90,8	46,56	32,59	1436,4
21. АР Крим (Нікітський сад МТС)	S	16,3	22,12	47,72	73,33	98,94	117,56	131,53	122,22	83,81	51,22	22,12	13,97	800,8
	D	19,79	27,94	45,4	61,7	72,17	69,84	68,68	57,04	46,56	38,41	25,61	17,46	550,6
	S+D	36,09	50,06	93,12	135,03	171,11	187,4	200,21	179,26	130,37	89,63	47,73	31,43	1351,4