

УДК 631.481

## КЛІМАТИЧНА ОБУМОВЛЕНІСТЬ ГРУНТОУТВОРЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ ТРАНСГРАНИЧНОГО БАСЕЙНУ ДНІПРА

**В. І. ПІЧУРА**, кандидат сільськогосподарських наук  
Херсонський державний аграрний університет

У роботі використано біоенергетичний підхід і показано зональні особливості впливу енергетичного потенціалу клімату на ґрунтоутворюючий процес на території транскордонного басейну Дніпра. Представлено морфометричну характеристику рельєфу, гранулометричний склад ґрунтів, кліматичні особливості (радіаційний баланс, опади, енергетичні втрати на ґрунтоутворення) території водозбірного басейну Дніпра. Визначено зональні особливості варіації граничної потужності гумусового горизонту.

**Вступ.** Ґрунти є природно-історичними тілами тривалого розвитку. Їх формування та еволюція відбувається протягом  $10^1$ - $10^5$  років. Проблема еволюції ґрунтів – одна з найважливіших у ґрунтознавстві. Розрізняють дві основні моделі розвитку процесу ґрунтоутворення: 1 – саморозвиток (моногенез), що протікає при відносно стабільному стані умов середовища; 2 – власне еволюція (полігенез), яка відбувається в зв'язку мінливими факторами ґрунтоутворення [1]. Ґрунтоутворюючий процес є важливою ланкою в процесі геологічного і біологічного кругообігу речовини і енергії. Докучаєв В. В. [2] визначив п'ять факторів, що впливають на еволюційні процеси ґрунтоутворення – клімат, рельєф, гірські породи, організми, час. Кожен із них визначає специфіку процесів ґрунтоутворення, що робить усі чинники рівнозначними і незамінними. Еволюція ґрунтів являє собою спрямовану багаторічну зміну ґрунтоутворення, ґрунтів і ґрунтового покриву. Еволюція ґрунтоутворення тісно пов'язана з глобальною еволюцією

природного середовища і має незворотний характер, який підсилюється кліматичними змінами та екстенсивною культурою господарювання.

У багатьох роботах клімат виділяється як окремий динамічний неконтрольований процес, який має різну ступінь нелінійного впливу на геоекосистему, в т. ч. екологічний стан поверхневих вод [3], зміна гідрологічного [4-7] і гідрохімічного режиму річок [8], прогнозування паводків [9, 10], трансформацію агроландшафтів в різних типах річкових басейнів [11] та інших природно-територіальних комплексів. Кліматичний фактор визначає забезпеченість процесу ґрунтоутворення вологою (атмосферні опади) і енергією (сонячна радіація). Сприятливі гідротермічні умови впливають на спільноти рослинних і тваринних організмів, збільшуючи їх продуктивність, що, в кінцевому підсумку, також впливає на інтенсивність ґрунтоутворення. Кліматична обумовленість ґрунтоутворення є досить нестабільним часовим процесом, що визначається циклічними про-



цесами і їх амплітудою, а також зміною тренду. Існує два підходи визначення ефективної кліматичної енергії через тепло- і вологозабезпеченість, які були запропоновані В.Р. Волобуєвим [12], С. Rasmussen, N.J. Tabor [13] і використані для визначення просторово-часових закономірностей кліматичної обумовленості ґрунтоутворення в агроландшафтах Центральної Чорноземної [14], Степової та Сухостепової зон [15-17].

За останні 20-30 років відбулися значні зміни клімату, що підтверджують дослідження в степовій зоні – середньорічні значення температури повітря зросли на 1,0-1,24 °С, сума опадів збільшилася на 62-69 мм [18]. Продуктивність сільськогосподарських культур в умовах степу, сухого степу та напівпустелі залежить від наявності атмосферних опадів [19], тому необхідність отримання високих врожаїв зумовила розвиток в цих регіонах зрошувального землеробства. Екстенсивне землеробство в зрошуваних агроландшафтах на основі застарілих техніки і технології призводить до незворотних процесів погіршення їх гідрогеолого-меліоративного стану [11]. На тлі спровокованої іригацією деградації ґрунтів та високої розораності земель у межах транскордонного басейну Дніпра (близько 283 тис. км (55,4%), із них 72,8 % або 206 тис. км<sup>2</sup> розташовані на території України), характер вітрового режиму і збільшення частоти випадання зливових опадів багато в чому визначають активний розвиток дефляції і водної ерозії, що призводить до погіршення агрофізичного, агрохімічного стану ґрунтів і несприятливого тренду ґрунтоутворюючого процесу. Враховуючи значне антропогенне навантаження на території транскордонного басейну необхідним є пошук балансу між експлуатацією геоекологічної системи і цілеспрямованим позитивним перетворенням, починаючи із оздоровлення та раціо-

нального використання агроландшафтів, що приведе до покращення якості поверхневих вод та гідроекосистеми в цілому на водозбірній території басейну Дніпра.

**Мета досліджень** – визначити просторові закономірності розподілу потенціалу енергетичних витрат клімату на ґрунтоутворення і формування потужності гумусового горизонту на території транскордонного басейну Дніпра.

**Матеріали і методи досліджень.** Попередньо нами було встановлено тісний експоненціальний зв'язок кліматичної енергетики з ґрунтоутворюючим процесом, розрахованої за моделями Rasmussen-Tabor ( $Q_{RT}$ ) [13] і Волобуєва ( $Q_V$ ) [12]:

$$Q_{RT} = 52,065 \exp(0,001Q_V); r^2 0,93$$

У результаті доведено, що запропоновані підходи є взаємодоповнючими і забезпечують можливість апроксимації ідентичних умов спрямованості кліматичної енергетики. Однак підхід, запропонований Волобуєвим, забезпечує додаткову можливість визначити вплив клімату на формування ґрунтового профілю. Тому в роботі використовували методологію біоенергетичного підходу, що дозволяє моделювати сценарії кліматичних впливів, виражені в енергетичних еквівалентах, на тренди розвитку ґрунтів у часі. Раніше [14], в розвиток цього підходу, удосконалено методику розрахунку енергетичних витрат на ґрунтоутворення ( $Q$ ) в залежності від кліматичних факторів і запропоновано модель залежності потужності гумусового горизонту від  $Q$  і вмісту гранулометричної фракції фізичної глини в ґрунтоутворюючих породах [20].

Растр енергетичних витрат клімату на ґрунтоутворення ( $Q$ , МДж/м<sup>2</sup>) розраховано за формулою:

$$Q = R \cdot e^{(-1,23 \frac{R^{0,73}}{P})},$$

де  $R$  – баланс сонячної радіації, МДж/м<sup>2</sup>;  $P$  – растр річної кількості опадів, мм.

Розрахунок та отримання растру просторового розподілу граничної потужності гумусового горизонту ґрунтів ( $H_{lim}$ , мм) на території транскордонного басейну Дніпра в залежності від  $Q$  і вмісту фізичної глини в ґрунтоутворюючих породах ( $PC$ , %;  $<0,01$  мм) здійснено за формулою:

$$H_{lim} = \frac{3914.6 \cdot PC^{-0.19}}{1 + e^{(5.346 - 0.00523 \cdot Q)}}$$

Для отримання просторових растрів розподілу середньобагаторічних значень кількості опадів ( $P$ , мм) і значення радіаційного балансу горизонтальної поверхні ( $R_0$ , МДж/м<sup>2</sup>) здійснено векторизацію карт Національних атласів кліматичного районування транскордонних держав у границях басейну Дніпра площею 511 тис. км<sup>2</sup> і масштабом 1:2500000. Для побудови цифрової моделі рельєфу, визначення морфометричних даних і оцінки розподілу по території радіаційного балансу ( $R$ , МДж/м<sup>2</sup>) використано радарну топографічну зйомку дозволом 90×60 м. Для ситуаційного просторового аналізу і моделювання використовували програмний продукт ArcGIS 10.1.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Відомо, що глибина прояву ґрунтоутворюючого процесу багата в чому зумовлена особливостями внутрішньорічної зміни гідротермічних умов – періоду літнього осушення ґрунту, холодним періодом зимово-весняного, а в деяких районах і осіннього промочування. Гідротермічні умови визначають найбільш загальну, широтну зональність, а також висотну поясність розподілу ґрунтів на території басейну Дніпра. Транскордонний басейн знаходиться в межах трьох фізико-географічних зон: змішаних лісів (55 % від загальної площі басейну), лісостеповій (28,9 %) і степовій (16,1 %). Фізико-географічне районування басейну є функціонально-кореляційною залежністю із кліматичною енер-

гетикою ґрунтоутворення, яка пов'язана не тільки з сонячною радіацією, але й з біохімічною акумуляцією та міграцією речовин в ґрунті, які особливо виявляються в період із температурою повітря вище 10°C.

У дослідженнях автора вперше для території водозбірного басейну Дніпра здійснено комплексний просторовий геоінформаційний аналіз розподілу енергетичних витрат на ґрунтоутворення з урахуванням морфометричних особливостей рельєфу (ухили і експозиція) і розрахунок потенційної граничної потужності гумусового горизонту ґрунтів, яка обумовлена кліматом. Для цього на першому етапі визначили морфометричні особливості рельєфу території – крутизну і експозицію схилів. Середнє значення схилу території окремих водозбірних суббасейнів, які були попередньо виділені [21], знаходиться в межах від 0,2° до 2,6°. Найбільш цінними в господарському відношенні є плакорні (рівнинні) ділянки. На ділянках схилів значні прояви ерозійних процесів, насамперед, обумовлені ступенем сільськогосподарського порушення агроландшафтів. Аналіз ситуації щодо розвитку ерозії показує, що вона виявляється, починаючи із схилів крутизною більше 1о.

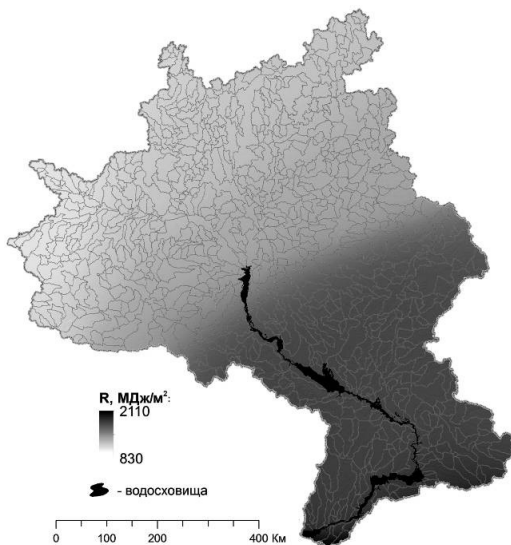
Території з крутизною схилу менше 1° (табл. 1) становлять близько 361,1 тис. км<sup>2</sup> (70,7 % від всієї площі транскордонного басейну), від 1° до 3° становлять – 130,8 тис. км<sup>2</sup> (25,6 %), від 3° і більше – 19,1 тис. км<sup>2</sup> (3,7 %). Одним з основних морфометричних показників схилів є їх експозиція, яка характеризує теплозабезпечення за рахунок сонячної енергії, що впливає на більшість видів господарської діяльності, процеси ерозії і ґрунтоутворення. На території басейну Дніпра площі з різною експозицією схилів досить рівномірно розподілені (10,2-13,5 %) з незначним переважанням площі території західних схилів

### 1. Морфометрична характеристика рельєфу в межах басейну Дніпра

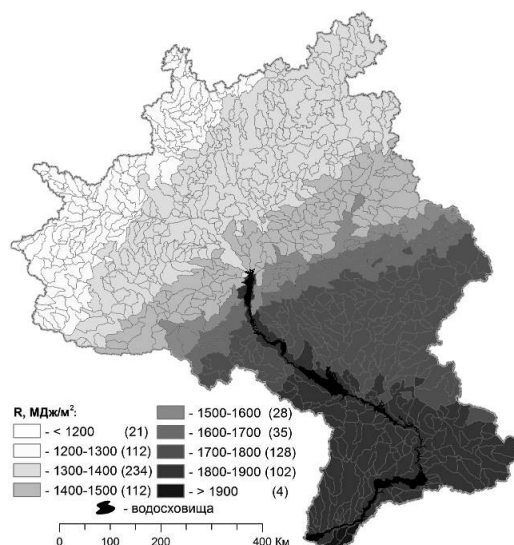
Крутизна схилу			Експозиція схилу		
Градація, °	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі	Градація, °	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі
<1	361139,60	70,67	плоскість	69027,1	13,5
1-3	130766,00	25,59	північ	45452,6	8,9
3-5	15590,96	3,05	північний схід	55161,7	10,8
5-10	3425,03	0,67	схід	59937,8	11,7
10-15	75,17	0,01	південний схід	52310,8	10,2
15-20	3,08	0,0006	південь	58731,9	11,5
20-30	0,18	0,00004	південний захід	56454,9	11,0
-	-	-	захід	61056,5	11,9
-	-	-	північний захід	52866,7	10,3
Усього	511000	100	-	511000	100

(табл. 1), площі плакорних земель займають 13,5 % площі басейну. Ґрунти на схилах південної експозиції займають 58,7 тис км<sup>2</sup> (11,5 %) площі транскордонного басейну Дніпра, вони схильні до більш інтенсивного змиву в результаті сніготанення та весняних зливів.

Просторовий розподіл значень річного радіаційного балансу ( $R$ , МДж/м<sup>2</sup>) по території було отримано з урахуванням морфометричних даних рельєфу (рис. 1а). У результаті визначено, що більша частина території водозбірних суббасейнів транскордонного басейну (52,4%)



а)



б)

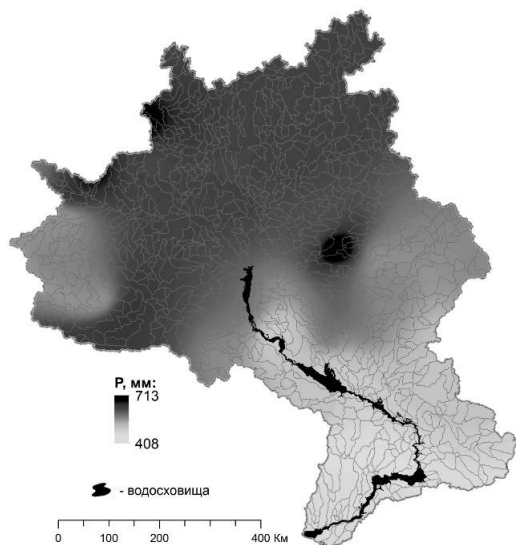
Рис. 1. Просторова модель розподілу радіаційного балансу ( $R$ , МДж/м<sup>2</sup>) на території басейну Дніпра: а) розподіл  $R$ ; б) забезпечення  $R$  у межах суббасейнів

## 2. Розподіл суббасейнів Дніпра за величинами радіаційного балансу

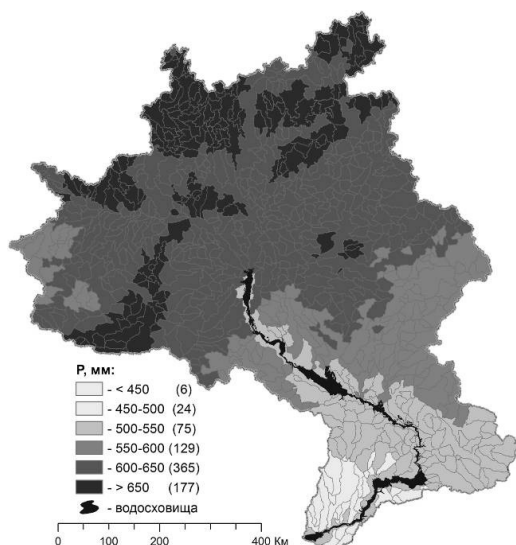
Значення, МДж/м <sup>2</sup>	Кількість суббасейнів, шт.	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі
< 1200	21	11555,3	2,3
1200-1300	112	59863,6	11,7
1300-1400	234	141782,4	27,7
1400-1500	112	66321,5	13,0
1500-1600	28	22150,8	4,3
1600-1700	35	25001,2	4,9
1700-1800	128	91393,6	17,9
1800-1900	102	91000,7	17,8
> 1900	4	1930,8	0,4
Усього	776	511000	100

забезпечена величинами радіаційного балансу в діапазоні від 1200 до 1500 МДж/м<sup>2</sup> (рис. 1б, табл. 2), які в більшій мірі розташовані в зоні мішаних лісів. Високий радіаційний баланс (більше 1800 МДж/м<sup>2</sup>) мають 106 водозбірних суббасейнів у лісостеповій та степовій зонах із загальною площею близько 93 тис км<sup>2</sup> або 18,2 % території транскордонного басейну Дніпра.

Основною складовою енергетичних витрат на ґрунтоутворення є сума опадів ( $P$ , мм). У районах ведення зрошувальних меліорацій сумарне водозабезпечення додатково визначається іригаційною зрошувальною нормою, їх територія в межах басейну Дніпра складає близько 26,4 тис км<sup>2</sup> або 9,3 % від завальної площі сільськогосподарських земель. Середньобаторічна сума опадів у напрямку від



а)



б)

**Рис. 2.** Просторовий розподіл суми середньо багаторічних опадів ( $P$ , мм) на території басейну Дніпра: а) розподіл  $P$ ; б) забезпечення  $P$  у межах суббасейнів

3. Розподіл суббасейнів Дніпра за середньо багаторічною сумою опадів

Значення, мм	Кількість водозбірних суббасейнів, шт.	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі
< 450	6	2057,0	0,4
450-500	24	15300,8	3,0
500-550	75	75032,8	14,7
550-600	129	89780,3	17,6
600-650	365	231772,6	45,4
> 650	177	97056,4	19,0
Усього	776	511000	100

витоку до гирла Дніпра становить 713-408 мм (рис. 2а).

За даними В. Г. Волобуєва [12], з коефіцієнтом зволоження тісно корелює система ґрунтових гідрорядів. Аналіз гідротермічної системи дозволив йому зробити висновок про існування генетичних сукупностей ґрунтів (ґрунтових спільнот), які типово пов'язані з умовами середовища і розвиваються в однотипній біогеохімічній обстановці. Ефективні опади відповідають річній сумі опадів за винятком тієї суми, яка випадає в середньобаторічному режимі в жаркий період з серед-

ньодобовою температурою 20°C і більше. Найбільший потенціал вологозабезпечення в процесі ґрунтоутворення мають ґрунти, розташовані в верхній та середній течії Дніпра (зони мішаних лісів та лісостепу). Для 542 суббасейнів (рис. 2б, табл. 3) із загальною площею 328,8 тис км<sup>2</sup> (64,3 %) середньобаторічна норма перевищує 600 мм. Низьке значення природного зволоження мають ґрунти в межах 30 суббасейнів (17,4 тис км<sup>2</sup> або 3,4 %), які розташовані в степовій зоні.

Середні значення сумарної величини витрат енергії ( $Q$ , МДж/м<sup>2</sup>) на ґрун-

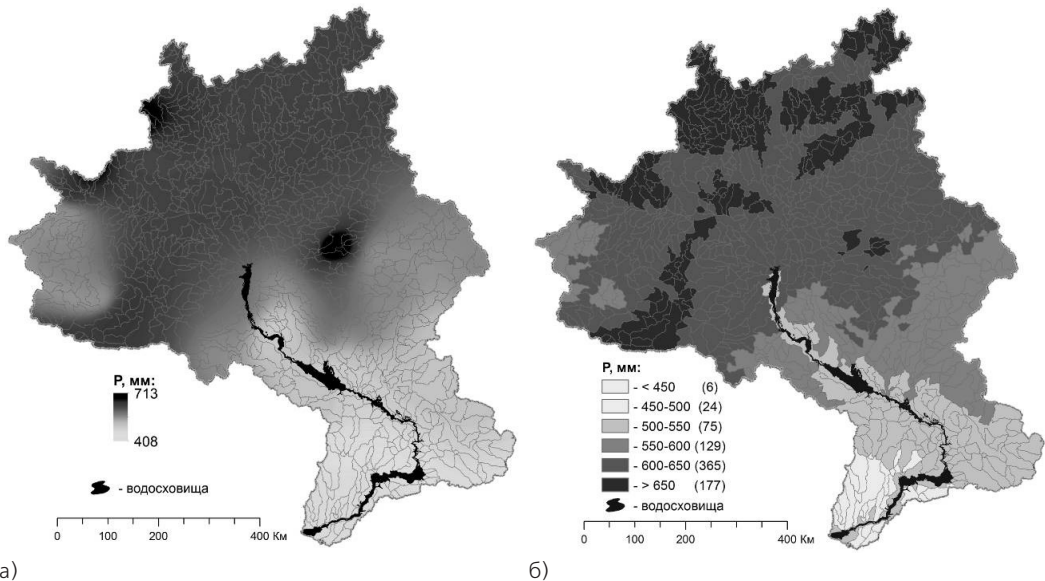
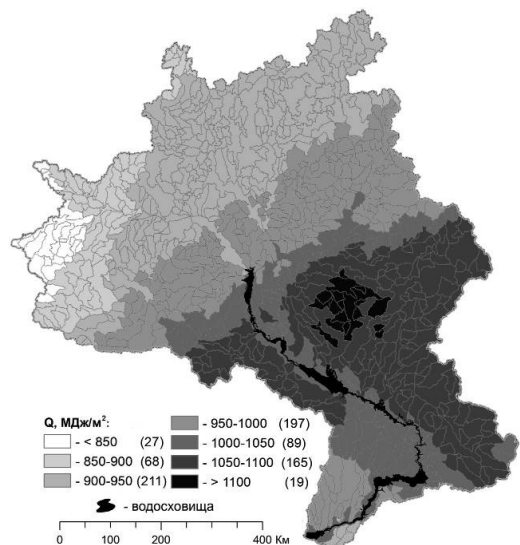
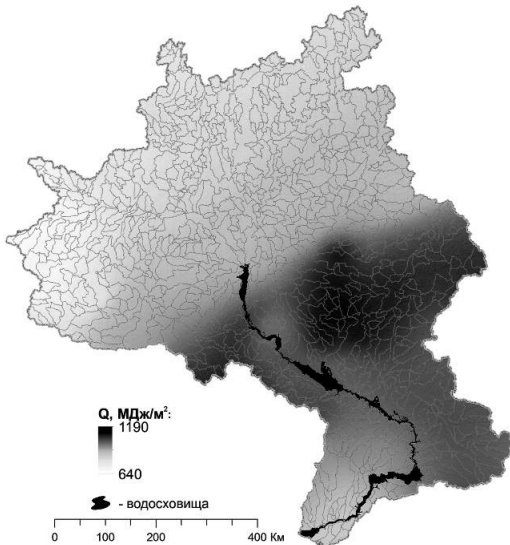


Рис. 2. Просторовий розподіл суми середньо багаторічних опадів (P, мм) на території басейну Дніпра: а) розподіл P; б) забезпечення P у межах суббасейнів

тоутворення на території транскордонно-го басейну Дніпра варіює в межах 640-1190 МДж/м<sup>2</sup> (рис. 3а). Найбільший потенціал енергетичних витрат клімату на ґрунтоутворення мають водозбірні суббасейни розташовані в лісостеповій зоні (середня течія), значення  $Q$  перевищує 1000 МДж/м<sup>2</sup> (рис. 3б). Найменший потенціал енергетичних витрат клімату на ґрунтоутворення мають агроландшафти водозбірних суббасейнів у зоні мішаних лісів (верхня течія), значення  $Q$  знаходиться в межах 640-1000 МДж/м<sup>2</sup>. У свою чергу для територій суббасейнів степової зони (нижня течія) значення  $Q$  складає від 850 до 1050 МДж/м<sup>2</sup>. Близько 88 % агроландшафтів суббасейнів із загальною площею 448,6 тис км<sup>2</sup> забезпечені  $Q$  на 900-1100 МДж/м<sup>2</sup> (табл. 4). Потенціал  $Q$  в степовій та зоні мішаних лісів мають близькі значення, але її складові ( $R$  і  $P$ ) мають протилежну тенденцію формування (рис. 1 і 2), що обумовлюють кардинально різні процеси біохімічної акумуляції і міграції речовин в ґрунті.

При розробці підходів до математичного опису процесу формування ґрунтів, було запропоновано [20] визначити кількість енергії, яка бере участь у формуванні ґрунтів, з точки зору кліматичних параметрів і щорічного зростання компонентів води, що стосуються відносної інтенсивності процесу гідратації в формуванні ґрунтових порід. Ґрунти різного гранулометричного складу розрізняються за вмістом частинок з діаметром < 0,01 мм. Кількість таких частинок у супіщаних ґрунтах становить 10-20 %, суглинних – 20-50 %, глинистих – більше 50 %. Якщо гранулометричний склад ґрунту в кліматичній зоні стає менш важким, тобто частка < 0,01 мм частинок зменшується (від 75 до 10 %), товщина горизонту гумусу в ґрунті збільшується. Для визначення розподілу агроландшафтів у межах водозбірних суббасейнів за гранулометричною фракцією фізичної глини (< 0,01 мм; РС, %) здійснено векторизацію ґрунтових карт транскордонних держав у межах басейну Дніпра в масштабі 1:2500000. Для кожного ґрунтового різно-



а)

б)

**Рис. 3. Просторова модель розподілу енергетичних витрат на ґрунтоутворення ( $Q$ , МДж/м<sup>2</sup>) у межах басейну Дніпра: а) розподіл  $Q$ ; б) забезпечення  $Q$  у межах водозбірних суббасейнів**

#### 4. Розподіл водозбірних суббасейнів Дніпра за потенціалом енергетичних витрат на ґрунтоутворення

Значення, МДж/м <sup>2</sup>	Кількість водозбірних суббасейнів, шт.	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі
< 850	27	14068,5	2,8
850-900	68	37235,4	7,3
900-950	211	133408,3	26,1
950-1000	197	109011,0	21,3
1000-1050	89	80751,3	15,8
1050-1100	165	125446,3	24,5
> 1100	19	11079,3	2,2
Усього	776	511000	100

виду, із урахуванням їх гранулометричної фракції фізичної глини методом зональної статистики було обчислено середні значення РС для кожного суббасейну транскордонного басейну Дніпра (рис. 4). Середні зональні значення РС варіюють від 10 % до 70 %. Найбільші значення РС мають ґрунти водозбірних суббасейнів розташовані в степовій та лісостеповій зонах – від 30 % до 70 % і більше.

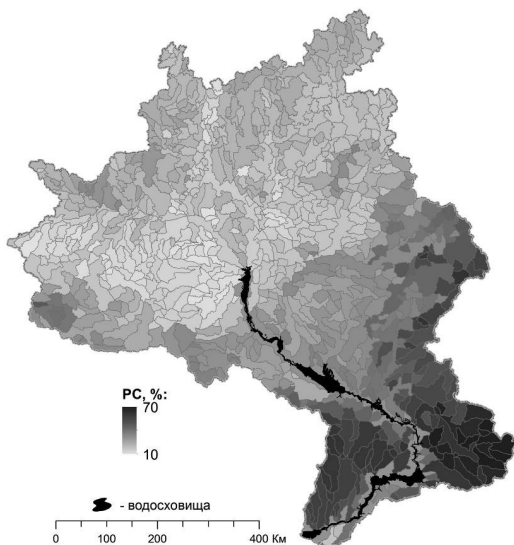
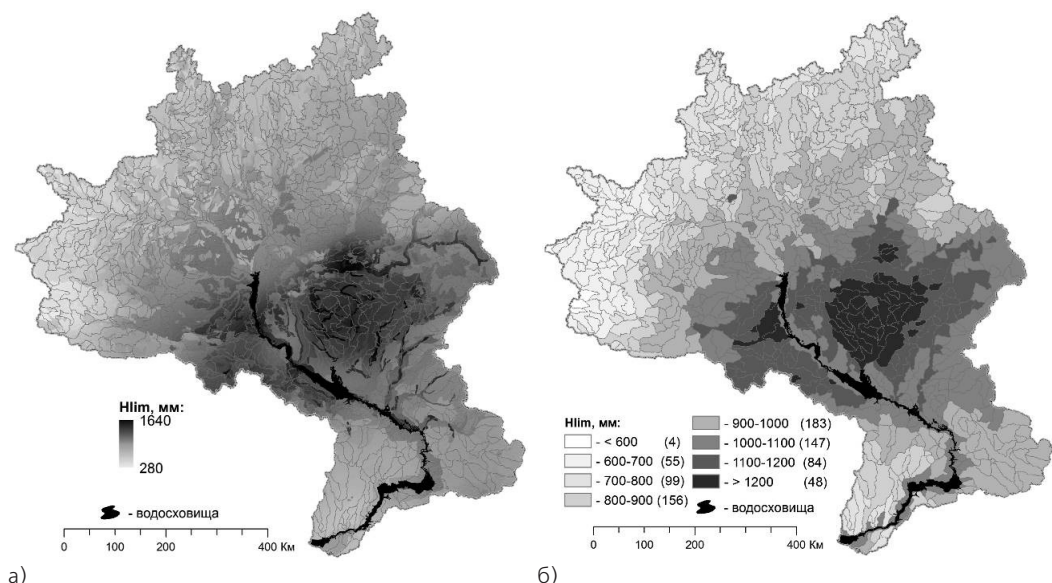


Рис. 4. Розподіл агроландшафтів у межах водозбірних суббасейнів за гранулометричною фракцією фізичної глини (РС, %; < 0,01 мм) у межах басейну Дніпра

Територіальний розподіл величини енергетичних витрат на ґрунтоутворення ( $Q$ ) і частки гранулометричної фракції фізичної глини ( $PC$ , %) дозволило визначити обумовленість закономірностей формування потужності гумусового горизонту ґрунтів ( $H_{lim}$  мм) на території транскордонного водозбірного басейну Дніпра (рис. 5). У результаті розрахунків та геомодельовання визначено, що значення  $H_{lim}$  варіює в широких межах - від 280 мм до 1640 мм. Найбільш сприятливі кліматичні умови для формування гумусового горизонту ґрунтів є у лісостеповій зоні (рис. 5а) - в середньому  $H_{lim}$  складає -1255 мм (870-1640 мм); у степовій зоні - 1005 мм (550-1460 мм), у зоні змішаних лісів - 900 мм (280-1520 мм).

Розвиток зрошуваної меліорації призводить до значного збільшення (в 1,5 рази)  $H_{lim}$  [16, 17], що за збереження традиційної парадигми зрошення призводить до підвищення рушійної сили процесу вилюговування, переносу органічних речовин по профілю в нижні важкодоступні рослинами ґрунтові горизонти і, як наслідок, зниженню ефективності культури землеробства і родючості верхнього шару ґрунтів, у першу чергу, легкого і середнього гранулометричного складу. Для 279 водозбірних суббасейнів із загальною площею 204,7 тис км<sup>2</sup>, основна части-





**Рис. 5. Розподіл розрахункової середньобаторічної величини граничної потужності гумусового горизонту ґрунтів ( $H_{lim}$ , мм) у межах басейну Дніпра: а) розподіл  $H_{lim}$ ; б) забезпечення  $H_{lim}$  у межах водозбірних суббасейнів**

на (87 %) яких розташована в лісостеповій зоні, формування потужності гумусового горизонту ґрунтів перевищує 1000 мм (рис. 5б, табл. 5).

У відповідності із моделями просторового розподілу величин  $Q$  і  $H_{lim}$  найбільш сприятливі умови для реалізації ґрунтоутворюючого процесу створюються для чорноземів лісостепової зони. Близько

416 водозбірних суббасейнів, які займають 60,2 % площі басейну Дніпра мають сильну ступінь трансформації земельного фонду. Попередній аналіз [22] ступеня розораності та лісистості вказують на високу екологічну вразливість та прояви сильних деградуючих процесів земельних ресурсів більш ніж на 70 % території транскордонного басейну, що приводить до

### 5. Розподіл водозбірних суббасейнів Дніпра за умовами формування потужності гумусового горизонту ґрунтів

Значення, мм	Кількість водозбірних суббасейнів, шт.	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі
< 600	4	1713,7	0,3
600-700	55	32443,0	6,3
700-800	99	53915,6	10,6
800-900	156	92961,8	18,2
900-1000	183	125268,8	24,5
1000-1100	147	103840,4	20,3
1100-1200	84	69798,2	13,7
> 1200	48	31058,5	6,1
Всього	776	511000	100

значного порушення функціонування гео-гідроекосистем Дніпра. У зв'язку з цим, на великих територіях транскордонного басейну спостерігається розвиток вторинних деградаційних процесів, таких як водна ерозія, дефляція, дегуміфікація, забруднення баластними компонентами добрив, залишковою кількістю отрутохімікатів тощо. Стабілізація ґрунтово-деградаційних процесів може бути забезпечена: надходженням до орного горизонту необхідної кількості поживних залишків і органічних добрив; зменшенням частки пропашних культур та збільшенням частки багаторічних трав у польових сівозмінах; скороченням одностороннього застосування мінеральних добрив (особливо фізіологічно кислих форм); повним використанням рослинних залишків на добриво; зниженням водної ерозії, у т.ч. через науково обґрунтовану оптимізацію іригаційних норм тощо.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Територіальний розподіл величин кліматичних енергетичних витрат на ґрунтоутворення дозволив визначити природну обумовленість формування граничної потужності гумусового горизонту ґрунтів на території транскордонного водозбірною басейну Дніпра.

Визначено варіацію формування граничної потужності гумусового горизонту в межах 280-1640 мм: в ґрунтах лісостепової зони – 870-1640 мм, степової – 550-1460 мм, змішаних лісів – 280-1520 мм.

На зрошуваних землях потужність гумусового горизонту ґрунтів у середньому збільшено в 1,5 рази. Для 279 водозбірних суббасейнів із загальною площею 204,7 тис км<sup>2</sup> (40 % від загальної площі

басейну Дніпра) формування  $H_{lim}$  перевищує 1000 мм, основна їх частина (87 %) розташована в лісостеповай зоні.

Екстенсивне ведення господарської діяльності без впровадження раціональних науково-обґрунтованих земле- та водоохоронних заходів часто призводить до значних дефляційних і ерозійних процесів.

Представлений підхід і результати геомодельовання розподілу кліматичної енергії на ґрунтоутворення в агроландшафтах транскордонного басейну Дніпра дають можливість здійснювати диференційоване управління іригаційними процесами для оптимізації раціонального використання води на зрошуваних землях і впровадження протиерозійних заходів для підвищення стійкості агроландшафтів у кожному водозбірному суббасейні Дніпра.

Конструювання принципово нових ґрунтів з розвиненою дисперсністю внутрішнього шару дасть можливість синтезувати пріоритетну для розвитку кореневої системи структуру ґрунту. Це дозволить знизити сумарну величину витрат енергії на ґрунтоутворення, забезпечити стійкий вектор еволюції родючих ґрунтів [23].

Для забезпечення необхідних властивостей агроландшафтів на території водозбірною басейну Дніпра, відповідно до зональних особливостей клімату та ведення господарської діяльності (у т.ч. іригаційного навантаження), які обумовили просторовий розподіл енергетичних витрат на ґрунтоутворення і формування потужності гумусового горизонту, необхідно застосовувати методи біогеосистемотехніки [24].

## Література

1. Semikolennykh A.A. Targulian O.V. Soil-like bodies of autochemolithotrophic ecosystems in the caves of the kugitangtau ridge, eastern Turkmenistan // Eurasian Soil Science. – 2010. – 43, № 6. – P. 614-627.
2. Докучаев В.В. Русский чернозем // Отчет вольному экономическому обществу. – М.-Л.: Полиграфкнига, 1936. – 550 с.

3. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / F.N. Lisetskii, Ya.V. Pavlyuk, Zh.A. Kirilenko, V.I. Pichura // *Russian Meteorology and Hydrology*. – 2014. – 39, № 8. – P. 550-557.  
DOI: 10.3103/S106837391408007X.
4. Comprehensive assessment of flood risk using the classification and regression tree method / Z. Ji, N. Li, W. Xie, et al. // *Stoch Environ Res Risk Assess*. – 2013. – № 27. – P. 1815-1828.
5. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Пічура В.І. Оценка и прогнозирование стока малых рек в условиях антропогенных воздействий и изменений климата // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – № 6. – С. 1-9.
6. Assessment of future water resources and water scarcity considering the factors of climate change and social–environmental change in Han River basin, Korea / S. Kim, B. Kim, H. Jun, et al. // *Stoch Environ Res Risk Assess*. – 2014. – № 28. – P. 1999-2014.
7. Лисецкий Ф.Н., Столба В.Ф., Пічура В.І. Периодичность климатических, гидрологических процессов и озерного осадконакопления на юге Восточно-Европейской равнины // *Общественно-научный журнал «Проблемы региональной экологии»*. – 2013. – № 4. – С. 19-25.
8. Forecasting of Hydrochemical Regime of the Lower Dnieper Section using Neurotechnologies / V.I. Pichura, Yu.V. Pilipenko, F.N. Lisetskiy, O.E. Dovbysh // *Hydrobiological Journal*. – 2015. – 51, № 3. – P. 100-110.
9. Application of artificial neural networks in regional flood frequency analysis: a case study for Australia / K. Aziz, A. Rahman, G. Fang, et al. // *Stoch Environ Res Risk Assess*. – 2014. – 28. – P. 541-554. DOI 10.1007/s00477-013-0771-5.
10. Dawson C.W., Wilby R.L. Hydrological modeling using artificial neural networks. Hydrological modelling using artificial neural networks // *Progress in Physical Geography*. – 2001. – 25, № 1. – P. 80-108.
11. Пічура В.І., Лисецкий Ф.Н., Павлюк Я.В. Вековое изменение устойчивости агроландшафтов в зоне оросительных мелиораций сухостепной зоны (на примере юга Херсонской области) // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. – 2014. – 28, № 17 (188). – С. 140–147.
12. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. – М.: Наука, 1974. – 126 с.
13. Rasmussen C., Tabor N.J. Applying a quantitative pedogenic energy model across a range of environmental gradients // *Soil Science Society of America Journal*. – 2007. – 71, № 6. – P. 1719-1729.
14. Лисецкий Ф.Н., Чепелев О.А. Климатическая обусловленность почвообразования в Центральном Черноземье // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: география и геоэкология*. – 2003. – № 2. – С. 15-23.
15. Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // *Почвоведение*. – 2010. – № 6. – С. 643-657.
16. Lisetskii F.N., Pichura V.I. Assessment and forecast of soil formation under irrigation in the steppe zone of Ukraine // *Russian Agricultural Sciences*. – 2016. – № 2. – P. 154-158. DOI: 10.3103/S1068367416020075.
17. Nesterenko V.P., Breus D.S. Geomodeling of the spatial distribution of climatic and economic energy consumption for soil formation in agricultural landscapes of the Crimean Peninsula // *Biogeosystem Technique*. – 2016. – 8, Is.2. – P. 160-174. DOI: 10.13187/bgt.2016.8.160.
18. Lisetskii F., Pichura V. Steppe ecosystem functioning of east European plain under age-long climatic change influence // *Indian Journal of Science and Technology*. – 2016. – 9 (18). – P. 1-9.
19. Influence of Hydrogels on Productivity of Light-brown Soils / A.A. Okolelova, N.A. Rachimova, G.S. Egorova et al. // *International Journal of Environmental Problems*. – 2015. – 2, Is. 2. – P. 117-135. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.117.
20. Lisetskii F., Chepelev O. Quantitative substantiation of pedogenesis model key components // *Advances in Environmental Biology*. – 2014. – 8, № 4. – P. 996-1000.
21. Пічура В.І. Структура гідрогеоморфологічної системи для створення геоснови екологічного каркаса басейну річки Дніпро // *Вісник Дніпропетровського державного агро-економічного університету*. – 2016. – № 2 (40) – С. 19-25.
22. Пічура В.І. Сільськогосподарське порушення екологічної стійкості басейну річки Дніпро // *Наукові доповіді НУБІП України*. – 2016. – № 5 (6). – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>.



23. Управление геохимическими процессами в орошаемых почвах на технологической платформе ноосферы / В.П. Калининченко, А.П. Ендовицкий, Т.М. Минкина и др. // Природообустройство. – 2014. – № 3. – С. 6-11.
24. Калининченко В.П. Биогосистемотехника как гносеологическая основа управления экосистемами // Живые и биокосные системы. – 2012. – Вып. 1. – Режим доступа: <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3>.

## References

1. Semikolennykh A.A. (2010). Soil-like bodies of autochemolithotrophic ecosystems in the caves of the kugitangtau ridge, eastern Turkmenistan. *Eurasian Soil Science*, 43 (6), 614-627.
2. Dokuchaev V.V. (1936). *Russkiy chernozem [Russian black earth]*. Report to Free Economic Society. M.-L.: Poligrafkniga, 550. (in Russian)
3. Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A., Pichura V.I. (2014). Basin organization of nature management for solving hydroecological problems. *Russian Meteorology and Hydrology*, 39 (8), 550-557. DOI: 10.3103/S106837391408007X.
4. Ji Z., Li N., Xie W., et al. (2013). Comprehensive assessment of flood risk using the classification and regression tree method. *Stoch Environ Res Risk Assess*, 27, 1815-1828.
5. Kuzmenko Y.V., Lisetskii F.N., Pichura V.I. (2012). Otsenka i prognozirovaniye stoka mal'nykh rek v usloviyakh antropogennykh vozdeystviy i izmeneniy klimata [Assessing and forecasting the runoff of small rivers under the conditions of anthropogenic impacts and climate change]. *Modern problems of science and education*, 6, 1-9. (in Russian)
6. Kim S., Kim B., Jun H., et al. (2014). Assessment of future water resources and water scarcity considering the factors of climate change and social-environmental change in Han River basin, Korea. *Stoch Environ Res Risk Assess*, 28, 1999-2014.
7. Lisetskii F.N., Stolba V.F., Pichura V.I. (2013). Periodichnost' klimaticheskikh, gidrologicheskikh protsessov i ozerogo osadkonakopleniya na yuge Vostochno-Evropeyskoy ravniny [Frequency of climatic, hydrological processes and lake sedimentation in the south of the East European Plain]. *Social and Scientific Journal "Problems of regional ecology"*, 4, 19-25. (in Russian)
8. Pichura V.I., Pilipenko Yu.V., Lisetskii F.N., Dovbysh O.E. (2015). Forecasting of Hydrochemical Regime of the Lower Dnieper Section using Neurotechnologies. *Hydrobiological Journal*, 51 (3), 100-110.
9. Aziz K., Rahman A., Fang G., et al. (2014). Application of artificial neural networks in regional flood frequency analysis: a case study for Australia. *Stoch Environ Res Risk Assess*, 28, 541-554. DOI 10.1007/s00477-013-0771-5.
10. Dawson C.W., Wilby R.L. (2001). Hydrological modeling using artificial neural networks. *Hydrological modelling using artificial neural networks. Progress in Physical Geography*, 25 (1), 80-108.
11. Pichura V.I., Lisetskii F.N., Pavliuk Y.V. (2014). Vekovoe izmenenie ustoychivosti agrolandshaftov v zone orositel'nykh melioratsiy sukhostepnoy zony (na primere yuga Khersonskoy oblasti) [Secular changes in agricultural landscapes stability in the area of irrigation reclamation of the dry steppe zone (by the example of the south of the Kherson region)]. *Scientific bulletin of Belgorod State University. Series: Natural sciences*, 28, 17 (188), 140-147. (in Russian)
12. Volobuev V.R. (1974). *Vvedenie v energetiku pochvoobrazovaniya [Introduction to Energetics of Soil Formation]*. M.: Nauka, 126. (in Russian)
13. Rasmussen C., Tabor N.J. (2007). Applying a quantitative pedogenic energy model across a range of environmental gradients. *Soil Science Society of America Journal*, 71 (6), 1719-1729.
14. Lisetskii F.N., Chepelev O.A. (2003). Klimaticheskaya obuslovlennost' pochvoobrazovaniya v Tsentral'nom Chernozem'e [Climatic conditionality of soil formation in the Central Black Earth Zone]. *Bulletin of Voronezh State University. Series: Geography and geo-ecology*, 2, 15-23. (in Russian)
15. Lisetskii F.N., Ergina E.I. (2010). Razvitie pochv Krymskogo poluostrova v pozdnem golotsene [Soil development on the Crimean peninsula in the Late Holocene]. *Soil science*, 6, 643-657. (in Russian)
16. Lisetskii F.N., Pichura V.I. (2016). Assessment and forecast of soil formation under irrigation in the steppe zone of Ukraine. *Russian Agricultural Sciences*, 2, 154-158. DOI: 10.3103/S1068367416020075.

17. Nesterenko V.P., Breus D.S. (2016). Geomodeling of the spatial distribution of climatic and economic energy consumption for soil formation in agricultural landscapes of the Crimean Peninsula. *Biogeosystem Technique*, 8 (2), 160-174. DOI: 10.13187/bgt.2016.8.160.
18. Lisetskii F., Pichura V. (2016). Steppe ecosystem functioning of east European plain under age-long climatic change influence. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (18), 1-9.
19. Okolelova A.A., Rachimova N.A., Egorova G.S., Kasterina N.G., Zaikina V.N. (2015). Influence of Hydrogels on Productivity of Light-brown Soils. *International Journal of Environmental Problems*, 2 (2), 117-135. DOI: 10.13187/ijep.2015.2.117.
20. Lisetskii F., Chepelev O. (2014). Quantitative substantiation of pedogenesis model key components. *Advances in Environmental Biology*, 8 (4), 996-1000.
21. Pichura V.I. (2016). Struktura gidrogeomorfologichnoi' systemy dlja stvorenija geosnovy ekologichnogo karkasa basejnu richky Dnipro [Structure of the hydrogeomorphological system for creating the geo-foundation for the ecological framework of the Dnieper river basin]. *Bulletin of Dnepropetrovsk State Agricultural and Economic University*, 2 (40), 19-25. (in Ukrainian).
22. Pichura V.I. Sil's'kogospodars'ke porushennja ekologichnoi' stijkosti basejnu richky Dnipro [Damage to environmental sustainability of the Dnieper river basin caused by agriculture]. *Scientific reports NUBiP Ukraine*. 2016. № 5 (6). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>. (in Ukrainian)
23. Kalinichenko V.P. Endovitsky A.P., Minkina T.M., Skuratov N.S., Il'in V.B., Kim V.CH.-D. (2014). Upravlenie geokhimicheskimi protsessami v oroshaemykh pochvakh na tekhnologicheskoy platforme noosfery [Management of geochemical processes in irrigated soils on the technology platform of the noosphere]. *Environmental Engineering*, 3, 6-11. (in Russian)
24. Kalinichenko V.P. (2012). Biogeosistemotekhnika kak gnoseologicheskaya osnova upravleniya ekosistemami [Biogeosystem technique as an epistemological framework for ecosystems managing]. *Live and bioinert systems*, 1. <http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article-3> (in Russian)

## SUMMARY

**V. Pichura. Climatic conditionality of soil formation on the territory of the transboundary Dnieper river basin // *Biological Resources and Nature Management*. – 2016. – 8, №5–6. – P.26–38.**

*The study employs the bioenergy approach and presents zone features of the impact of climate energy potential on the soil formation process on the territory of the transboundary Dnieper River basin using GIS technology. It presents the physical-geographical zoning, soil cover, granulometric composition, morphometric characteristics of the terrain, climatic characteristics (radiation balance, precipitation, energy consumption for soil formation, bioclimatic potential) of the Dnieper River's catchment area. The research determines variation in the formation of the limit capacity of the humus horizon.*

## АННОТАЦІЯ

**В. І. Пічура. Кліматическа обумовленість ґрунтоутворення на території трансграничного басейну річки Дніпро // *Біоресурси і природопольовання*. – 2016. – 8, №5–6. – С.26–38.**

*В роботі використано біоенергетический підхід і представлені зональні особливості впливу енергетического потенціала клімату на ґрунтоутворення процес на території трансграничного басейну річки Дніпро. Представлені морфометрическа характеристика рельєфу, гранулометрический склад ґрунту, кліматическі особливості (радіаційний баланс, опадки, енергетическі втрати на ґрунтоутворення) території водосборного басейну Дніпра. Определені зональні особливості варіації предельної потужності гумусового горизонту.*