



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.421:57.087

© 2020

ЗАСТОСУВАННЯ БАСЕЙНОВОЇ КОНЦЕПЦІЇ ДЛЯ ҐРУНТОВОДООХОРОННОГО ОБЛАШТУВАННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ

В.О. Белоліпський¹, М.М. Полулях²

¹доктор сільськогосподарських наук

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024, Україна

e-mail: ¹belolipskiy-42@ukr.net, ²nick_pol2015@ukr.net

ORCID: ¹0000-0003-2177-8615, ²0000-0002-7947-4158

Надійшла 28.04.2020

Мета. Узагальнення та апробація методичних принципів застосування басейнкової концепції природокористування для ґрунтоводоохоронного облаштування агроландшафтів. **Об'єкт дослідження** — басейнова концепція природокористування. **Предмет дослідження** — ерозійно-гідрологічні ситуації за басейновим принципом на різних ієрархічних рівнях басейну річки (басейн річки → балковий водозбір). **Методи.** Лабораторно-польовий, математико-статистичний, топометричний, морфологічний. **Результати.** Розроблено схему експериментально-аналітичних робіт з метою формування системи протиерозійних заходів на території басейну малих річок; показано механізм створення і структуру бази даних факторів, які зумовлюють виникнення ерозійно-гідрологічних процесів; фактори впливу згруповано за блоками: басейнові, кліматичні, геоморфологічні. Побудовано картосхему типізації елементів ерозійно-гідрологічної мережі (заплави, яружно-балкова мережа, плато, перша тераса, схили) та визначено їхню площу для розробки моделі витрат стоку. За результатами просторового аналізу полезахисних лісосмуг визначено частку їхньої площі у водозборі, розраховано середньозважену розораність території. Проведено геоморфологічний аналіз територій водозбору річок Євсуг і Ковсуг у межах Луганської обл. Оцінку інтенсивності ерозійно-гідрологічної ситуації за басейновим принципом пропонуємо проводити моделюванням ерозійних індексів безпеки земель (E_j) як відношення максимальних витрат стоку (Q_{\max}) до безпечних витрат і створенням картограм ерозійних індексів. Екологічну ефективність застосування схеми формування агроландшафтів на водозборах (на 3-х рівнях гідрографічної мережі: басейн річки → система балкових водозборів → балкові водозбори) визначено засобами симплекс-методу як співвідносність характеристик розораності та ерозійної

ситуації. Висновки. У басейні малих річок ГІС-картографування (ГІС — геоінформаційна система) територіальних агроландшафтних структур потрібно реалізовувати на основі формування бази даних факторів впливу на розвиток ерозійних процесів. Типізацію ерозійно-гідрологічної мережі, аналіз полезахисної лісистості, різних площинних характеристик водозборів слід проводити за ключовими ділянками з використанням ГІС-технологій методом побудови картосхем. Для уточнення показників розораності рекомендуємо проводити аналіз структури басейну малих річок з диференціацією за адміністративними одиницями землекористування у водозбірних зонах уздовж течії річки. Оцінку інтенсивності (напруженості) ерозійно-гідрологічної ситуації за басейновим принципом пропонуємо проводити моделюванням ерозійних індексів безпеки земель (E_i) різного ступеня забезпеченості. Екологічну ефективність практичного застосування запропонованої схеми формування агроландшафтів на водозборах рекомендуємо визначати засобами симплекс-методу як співвідносність параметрів розораності (f_n) та ерозійного індексу ($E_{i\ 10-50\%}$), коефіцієнта ерозійної небезпеки сівозмін ($K_{\text{енс}}$) і потенційного стоку (ПС).

Ключові слова: басейн, водозбір, гідропост, схили, гумус, стік, витрати, фактори, коефіцієнт.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202006-07>

Основи басейнної концепції. Ефективність і тривалість дії системи ґрунтоохоронних заходів залежить від їхньої відповідності ландшафтно-екологічним умовам території [1, 2]. Цієї відповідності можна досягти, якщо під час ландшафтного облаштування території враховано природні закономірності формування ґрунтового покриву в екологічних системах і чинники водно-ерозійних процесів [3, 4].

Якщо поняття раціонального використання системи розуміти лише як ґрунтоводоохоронне використання, то на підставі накопиченого досвіду і загальної теорії ерозієзнавства [5] можна сформулювати функцію мети так: знайти умову найсприятливішого і максимально ефективного використання ерозійно небезпечних земель. Конкретизація мети дає змогу серед розмаїття аспектів будови і функціонування системи вибрати лише потрібні для досягнення поставленої мети.

Завдяки такому підходу ґрунтоохоронний агроландшафт розглядається як функціональна система облаштування природно-територіального комплексу, що забезпечує скорочення водно-ерозійних процесів у кризових ситуаціях до екологічно безпечних меж.

В умовах пересіченої місцевості основними компонентами агроландшафту схилу є рілля, луг, ліс (лісосмуги), водоймища — самостійні екосистеми. Водночас водозбірний басейн також є екосистемою [6], але вищого ієрархічного рівня. Складові компоненти екосистеми визначають її функції, але самі автономно не функціонують. Функціонування і відносна стабільність зазначених екосистем значною мірою визначаються швидкістю притоку і відтоку води, речовин і організмів з інших частин водозбірного басейну. Отже, враховуючи інтереси людини в сільськогосподарському виробництві, мінімальною одиницею екосистеми слід вважати не відособлене поле, ліс, лісосмугу, кормові угіддя, ставок, а весь водозбірний басейн. Концепція водозбірного басейну дає змогу правильно сформулювати проблему і знайти її розв'язання для потреб людини. Для цього дослідження проведено на 3-х рівнях [7]: 1) басейну малої річки; 2) балкового водозбору; 3) схилу (сівозмінного масиву, поля).

Така ієрархічна система визначає підпорядкування структурних систем агроландшафту: балковий водозбір об'єднує структури схилів, а басейн малої річки — балкові

ландшафтні структури, об'єднані за ознаками поверхневого стікання [8].

Мета досліджень — узагальнення та апробація методичних принципів застосування басейнової концепції природокористування для ґрунтоводоохоронного облаштування агроландшафтів.

Об'єкт — басейнова концепція природокористування.

Предмет — ґрунтоводоохоронне облаштування агроландшафтів на басейновій основі.

Місцем узагальнення наробок за цим питанням є басейн р. Айдар на території Троїцького, Новопсковського, Білокуракинського, Марківського, Старобільського та Новоайдарського районів Луганської обл.; доповнення, апробацію, проведення розробки та аналіз експериментального матеріалу виконано для водозборів річок Євсуг і Ковсуг на території Новоайдарського, Старобільського, Біловодського, Станично-Луганського р-нів (рис. 1).

Завдання досліджень:

- геоінформаційне моделювання ерозійних процесів у басейні малих річок на основі ерозійних індексів (E_i) безпеки земель;
- визначення екологічної ефективності застосування схеми формування агроландшафтів на водозборах;
- розробка протиерозійних заходів з урахуванням E_i безпеки земель у басейні р. Айдар.

Методи досліджень. Для виконання проєктного рішення в розрізі завдань використано такі методичні підходи:

1. **Геоінформаційне моделювання ерозійних процесів у басейні малих річок на основі E_i .** Показники витрат зливових дощів за сучасної господарської діяльності характеризуються максимальними дощовими паводками малих річок і кількісно оцінюються моделями середньо-максимальних витрат стоку річки (Q_{max}) різної імовірності перевищення (10, 25, 50%) (далі використано термін «витрати стоку річки» у системі: басейн малої річки — система балкових водозборів — балковий водозбір) [9, 10].

Керування максимальним стоком дощових паводків річки (за показником витрат стоку річки) здійснюється геоінформаційним моделюванням ерозійних процесів на основі E_i у системі балкових водозборів,

приурочених до гідропостів басейну малої річки.

2. **Формування бази даних (БД) факторів впливу на ерозійно-гідрологічні процеси малих річок.** Згідно з результатами попередніх досліджень, БД для водозборів річок складається з таких показників: частка площі у загальному водозборі річки, %; кількість зливових опадів, мм; частка площі ріллі, %; схили $> 1^\circ$, %; уміст гумусу, %; яружно-балкова мережа, %; перша тераса річки до 1° , %; лісосмуги поперечні, %; плато (схили до 1°), %.

Для аналізу гумусового стану чорноземів звичайних сформовано вибірку із двох БД ННЦ імені О.Н. Соколовського:

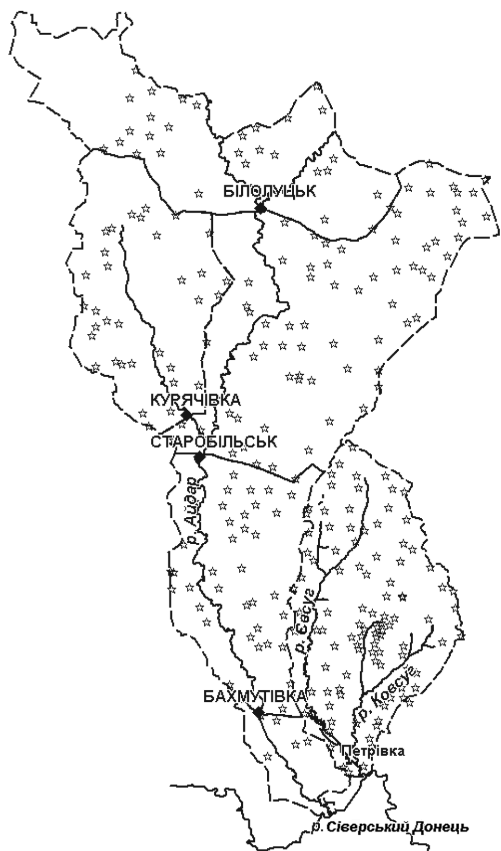


Рис. 1. Об'єкт розробки — водозбір річок Айдар, Євсуг і Ковсуг: ☆ — точки спостережень; ◆ — гідропости; — — річки; □ — водозбори гідропостів і басейни річок

1) База даних властивостей ґрунтів України [11].

2) Земельна інформаційна система [12].

Дані щодо розораності (рілля, %) внесені за даними Департаменту агропромислового розвитку, кліматичні показники (зливові опади) — за даними метеопостів Гідрометеорологічного центру.

Для визначення характеру взаємодії прогнозних (припустимих) і фактичних параметрів на розвиток ерозійно-гідрологічних процесів з метою їх мінімізації на імовірнісній основі (10, 25, 50%) за відповідних параметрів витрат стоку розраховано коефіцієнт їхнього відношення K_b (формула 1). Значення коефіцієнта K_b характеризує ступінь зменшення значень витрат стоку у разі зменшення розораності земель водозборів.

$$K_b = \frac{Q_{10-50\text{прогноз}}}{Q_{10-50\text{факт}}} \quad (1)$$

3. *Геоінформаційне моделювання ерозійних процесів у басейні річок Євсуг і Ковсуг.* Для моделювання ерозійних процесів як показник інтенсивності ерозійно-гідрологічних процесів (ситуацій) використовують E_i різної забезпеченості — як відношення Q_{\max} 10–50% вірогідності перевищення витрат стоку до середнього значення статистичного ряду спостережень Q_{\max} 50% імовірності (2):

$$E_i = \frac{Q_{10-50\%}}{Q_{50\%}} \quad (2)$$

де $Q_{10-50\%}$ — середньомаксимальні витрати стоку 10–50%-ї імовірності; $Q_{50\%}$ — середньомаксимальні витрати стоку 50%-ї імовірності, м³/с.

4. *Екологічна ефективність застосування схеми формування агроландшафтів на балкових водозборах.* Поставлене завдання вирішується методом лінійного програмування (симплекс-метод), за якого вибирається цільова функція та основні змінні і система обмежень, які мають давати достатньо повну предметну характеристику ерозійно-гідрологічних процесів. Екологічна ефективність схеми формування агроландшафтів розглядається на 3-х рівнях (басейн річки → система балкових водозборів → балкові водозбори).

На 1-му рівні як критерій оптимальності — вимога $E_i \rightarrow 1$ при заданих обмеженнях

(організаційних, ґрунтово-кліматичних і геоморфологічних факторах).

На 2-му рівні критерієм оптимальності є коефіцієнт співвідношення фактичних і припустимих показників середньомаксимальних витрат стоку (K_b).

На 3-му рівні критерієм оптимальності є вимога наближення потенційного стоку до екологічно припустимого рівня — 5 мм (ПС → ЕПР) [13] за модельної структури посівних площ.

Результати та їх обговорення. 1. Геоінформаційне моделювання ерозійних процесів на основі E_i (на прикладі басейну річок Євсуг і Ковсуг). База даних факторів впливу на ерозійно-гідрологічні процеси. Розроблено блок-схему формування бази даних факторів впливу на ерозійно-гідрологічні процеси (рис. 2).

Ключові точки (109 шт.) з файлів *.xls оцифровано на топографічних картах масштабу 1:100000, проведено аналіз для отримання геоморфологічних показників, а також визначено полезахисну лісистість і загальну площу водозбору річок Євсуг і Ковсуг, побудовано полігони та лінії відповідних елементів гідрографічної мережі та елементів агроландшафту, їхні площі розраховано засобами програмного комплексу MapInfo 9.5.1.

Для формування БД факторів впливу на ерозійно-гідрологічні процеси проведено аналіз полезахисної лісистості, в результаті чого побудовано картосхему полезахисної лісистості на водозборі. Також виконано типізацію ерозійно-гідрологічної мережі басейну річок Євсуг і Ковсуг (табл. 1).

Протяжність лісосмуг поперечного розташування становить 603,1, поздовжнього — 423,6 км, відповідно площа — 6,031 та 4,236 км². Площа водозбору басейну — 1202 км², тобто лісосмуги поперечного розташування становлять 0,5, а поздовжнього — 0,35% від водозбору. Виявлено, що в досліджуваному басейні з елементів гідрографічної мережі переважають: схили >1° — 691,87 км² (57,56%), плато — 183,18 км² (15,24%); яружно-балкова мережа — 165,28 км² (13,75%).

Для деталізації елементів гідрографічної мережі, визначення вмісту гумусу в ґрунтах басейну річок Євсуг і Ковсуг за водозбірними

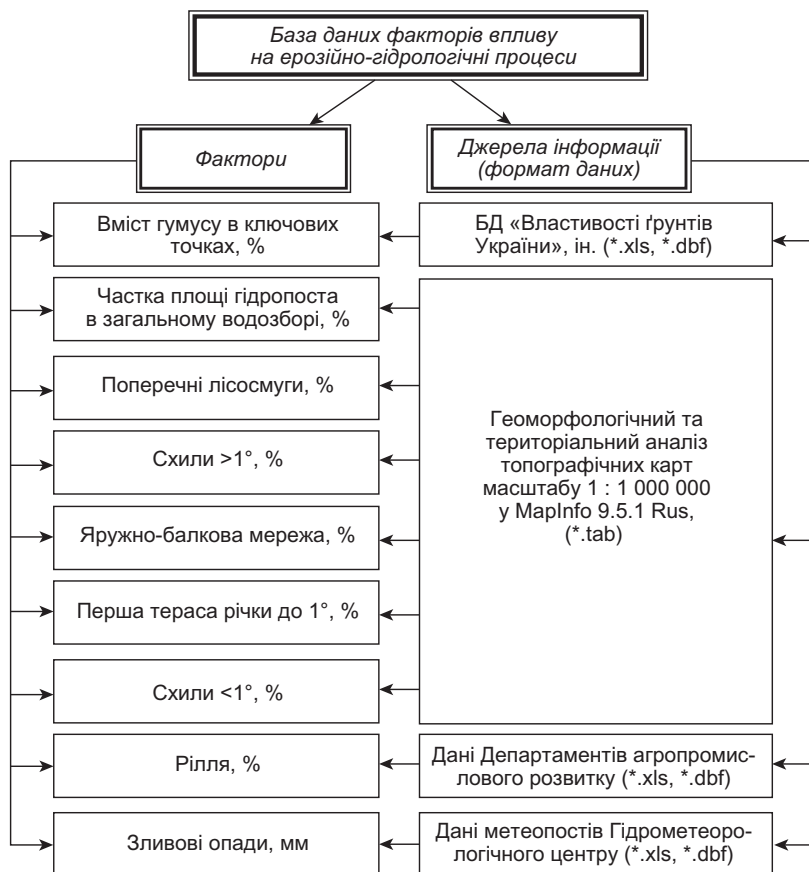


Рис. 2. Блок-схема структури бази даних факторів впливу на ерозійно-гідрологічні процеси

1. Типізація ерозійно-гідрологічної мережі водозбору басейну річок Євсуг і Ковсуг

Елементи гідрографічної мережі	Площа, км ²	Частка у площі водозбору, %
Заплавні ландшафти з різнотравно-лучною рослинністю сіножатей з алювіально-лучними ґрунтами (лучні, лучно-болотні та болотні)	100,37	8,35
Яружно-балкові ландшафти з різнотравно-злаковою рослинністю (сіножаті та пасовища) з еродованими силовими та намитими ґрунтами	165,28	13,75
Рівнинно-вододільні (плакорні) ландшафти, розорані з чорноземами звичайними мало- та середньогумусними на лесоподібних породах	183,18	15,24
Надзаплавно-терасово-лесові ландшафти, розорані, з чорноземами звичайними терасовими або лучно-чорноземними ґрунтами на лесоподібних породах	61,30	5,10
Вододільно-схилі ландшафти, розорані, крутістю 1–5° із чорноземами звичайними мало- та середньогумусними, слабо- та середньозмиті, переважно на лесоподібних породах	691,87	57,56
Водозбір загалом	1202,0	100,0

зонами (верх, середина, низ за течією) згідно з методиками [14, 15] підбрано 4 ключові водозбірні зони площею 254,5–345,5 км² (табл. 2), які відповідають геоморфологічним характеристикам конкретної території басейну (рис. 3, див. табл. 2).

Розрахункова площа репрезентативного квадрата — водозбірних зон (більше 100 км²) за географічних досліджень не порушує співвідношення між площею водозбору та довжиною схилів гідрографічної мережі в межах балкових та елементарних водозборів [15], що дає змогу провести аналіз за етапами.

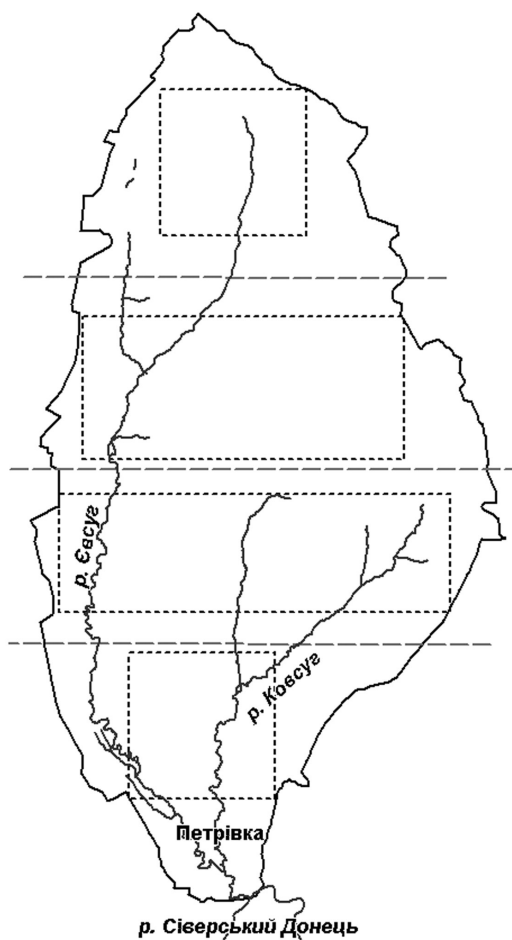


Рис. 3. Ключові водозбірні зони, які відповідають геоморфологічним характеристикам території басейну річок Євсуг і Ковсуг: — — річки; □ — басейн; --- — водозбірні зони; [] — ключові ділянки

1-й етап. Проведення геоморфологічно-територіального аналізу за ключовими водозбірними зонами, що є поєднанням ерозійно-гідрологічної мережі та річки (рис. 4), обчислення площ елементів гідрографічної мережі для подальших розрахунків витрат стоку — Q_{10} і E_i .

2-й етап. Розрахунки середньозважених показників розораності на басейновій основі з проведенням аналізу структури басейну річок Євсуг і Ковсуг з диференціацією адміністративного землекористування, які відповідають ключовим водозбірним зонам уздовж течії річки (табл. 3).

Отже, інтегрована (середньозважена) розораність території, яка відповідає ключовим водозбірним зонам, становить 69,44–71,17%.

3-й етап. Визначення вмісту гумусу ґрунтів території басейну річок Євсуг і Ковсуг. Виявлено зменшення вмісту гумусу у широтному відношенні з півночі на південь з 5,1 до 1,6% (табл. 4) за відносно схожих геоморфологічних показників і поперечної полезакисної лісистості (0,48–0,52%).

Так, ґрунти з умістом гумусу >4% розташовані переважно у північних водозбірних зонах 1 і 2 (47,6% площі водозбору), <4% — переважно у південних водозбірних зонах 3 і 4 (34,2% площі водозбору).

Моделювання ерозійних індексів безпеки земель у басейні річок Євсуг і Ковсуг. Для моделювання ерозійних процесів як оцінний показник їхньої інтенсивності використовують E_i 10-, 25-, 50%-ї забезпеченості як співвідношення Q_{\max} відповідної ймовірності перевищення витрат стоку до середнього значення статистичного ряду спостережень Q_{\max} 50%-ї ймовірності (3):

$$E_i = \frac{Q_{10,25,50\%}}{Q_{50\%}}, \quad (3)$$

де $Q_{10, 25, 50\%}$ — середньомаксимальні витрати стоку відповідної ймовірності, м³/с.

Моделі середньомаксимальних витрат стоку 10-, 25-, 50%-ї забезпеченості розраховують за системою залежності (4):

$$Q_{10,25,50\%} = A_{10,25,50\%} \cdot F_{0,2485} \cdot X^{1,7422} \cdot f_n^{5,3333} \cdot S_{\text{схл}}^{0,5194} \times \\ \times F_{\text{гум}}^{-0,402} \cdot S_{\text{бал}}^{-0,087} \cdot S_{\text{тер}}^{-0,009} \cdot S_{\text{лс}}^{-0,022} \cdot S_{\text{пл}}^{-0,008}, \quad (4)$$

де $A_{10, 25, 50\%}$ — коефіцієнт для ймовірностей: $A_{10\%} = 8,79 \cdot 10^{-13}$, $A_{25\%} = 1,14 \cdot 10^{-14}$,

2. Результати геоморфологічно-територіального аналізу басейну за водозбірними зонами

Ерозійно-гідрологічні показники	Одиниця виміру	Площа, яку займає елемент у ключових ділянках — водозбірних зонах			
		1	2	3	4
Елементи гідрографічної мережі					
S _{схил} — схили >1°	км ²	64,77	111,0	137,37	52,45
	%	64,77	51,92	63,93	52,40
S _{бал} — яружно-балкова мережа	км ²	20,02	37,96	33,81	11,86
	%	20,02	17,76	15,73	11,85
Перша тераса річки < 1°	км ²	0,01	12,46	11,09	12,60
	%	0,01	5,83	5,16	12,59
S _{пл} — плато	км ²	10,07	37,28	19,24	5,14
	%	10,07	17,44	8,95	5,13
S _{запл} — заплави	км ²	5,13	15,07	13,37	18,05
	%	5,13	7,05	6,22	18,03
Загалом за ключовими ділянками	км ²	10,0	213,77	214,88	10,10
	%	10,0	10,0	10,0	10,0
Лісосмуги поперечного спрямування					
Площа	км ²	0,4819	1,127	1,143	0,5185
F _{лс}	%	0,4819	0,5272	0,5319	0,5179
Територія басейну, яка відповідає ключовим водозбірним зонам					
Площа	км ²	257,5	344,5	345,5	254,5
F — частка площі у загальному водозборі	Частка одиниці	0,2142	0,2866	0,2874	0,2117
Зливові опади	мм	83,7	87,0	90,2	93,5

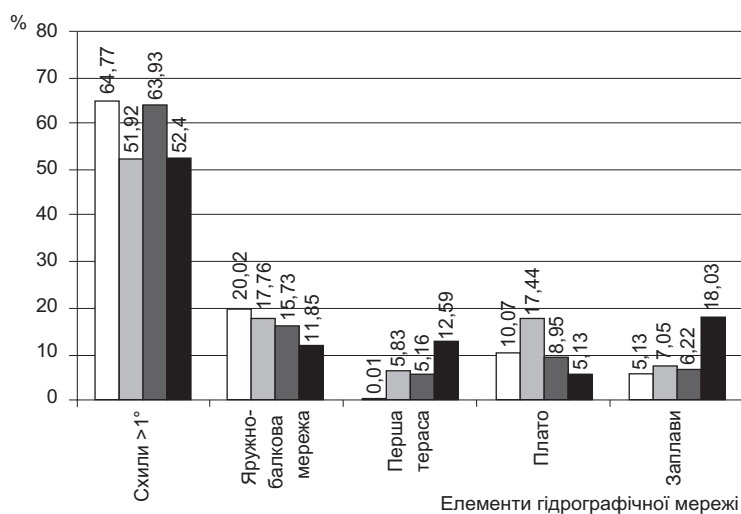


Рис. 4. Частка площі елементів гідрографічної мережі у площі басейну річок Євсуг і Ковсуг за ключовими ділянками (водозбірними зонами): □ — ключова ділянка 1; ▒ — 2; ▓ — 3; ■ — 4

3. Розрахункова розораність площ, які відповідають ключовим водозбірним зонам

Адміністративний район	Розораність за районами, % (форма 6-зем)	Площа орних земель у ключових ділянках — водозбірних зонах, км ²			
		1	2	3	4
		257,5	344,5	344,5	254,5
Старобільський	75,0	90,2	30,9		
Біловодський	69,37	166,3	116,6		
Новоайдарський	68,89		153	198,9	34,7
Станично-Луганський	71,68		42	142,6	215,8
Розораність середньозважена		71,07	69,54	69,44	70,17

4. Розподіл площ земель басейну річок Євсуг і Ковсуг за вмістом гумусу в ґрунтах

Уміст гумусу, %	Площа у водозборі		Площа у ключових ділянках — водозбірних зонах							
			1		2		3		4	
	км ²	%	S, км ²	% від зони	S, км ²	% від зони	S, км ²	% від зони	S, км ²	% від зони
>4,8	60,4	5,0	26,6	10,3	33,8	9,8				
4,6–4,8	103,4	8,6	44,3	17,2	56,8	16,5	2,3	0,7		
4,4–4,6	180,9	15,0	103,5	40,2	48,4	14,0	29,0	8,4		
4,2–4,4	169,7	14,1	71,0	27,6	67,4	19,6	31,2	9,0		
4,0–4,2	247,1	20,6	12,2	4,7	108,7	31,5	113,7	32,9	12,5	4,9
3,8–4,0	271,5	22,6			29,5	8,6	169,3	49,0	72,8	28,6
3,6–3,8	84,9	7,1							84,9	33,4
3,4–3,6	33,2	2,8							33,2	13,0
3,2–3,4	35,6	3,0							35,6	14,0
3,0–3,2	14,7	1,2							14,7	5,8
<3	0,8	0,1							0,8	0,3
Загалом	1202,2	10,0	257,6	10,0	344,6	10,0	345,5	10,0	254,5	10,0

$A_{50\%}=4,0 \cdot 10^{-18}$; F — частка площі водозбору у межах ключової ділянки; X — зливи опади, мм; f_n — розораність, %; $S_{\text{схил}}$ — схили $>1^\circ$, %; $F_{\text{гум}}$ — уміст гумусу, %; $S_{\text{бал}}$ — яружно-балкова мережа, %; $S_{\text{тер}}$ — перша тераса річки, %; $S_{\text{лс}}$ — поперечні лісосмуги, %; $S_{\text{пл}}$ — плато (схили $<1^\circ$), %.

Показники адекватності моделі: коефіцієнт множинної кореляції: $R=0,904$, відносна помилка моделі $E=2,17\%$.

Побудова картограм ерозійних індексів засобами ГІС-технологій. За ключовими точками (109 шт.) за результатами моделювання розраховано показники E ,

для рівнів імовірності 10, 25, 50% і засобами програмного комплексу MapInfo 9.5.1 побудовано інтегровані картосхеми (рис. 5).

2. Визначення екологічної ефективності застосування схеми формування агроландшафтів на рівні басейну р. Айдар. Поставлене завдання вирішене методом лінійного програмування (симплекс-метод). Критерієм оптимальності в задачі лінійного програмування є вимога $E_{\leq 1}$ за знайдених параметрів розораності f_n (%) і заданих обмежень (організаційних, ґрунтово-кліматичних і геоморфологічних факторів), а саме:

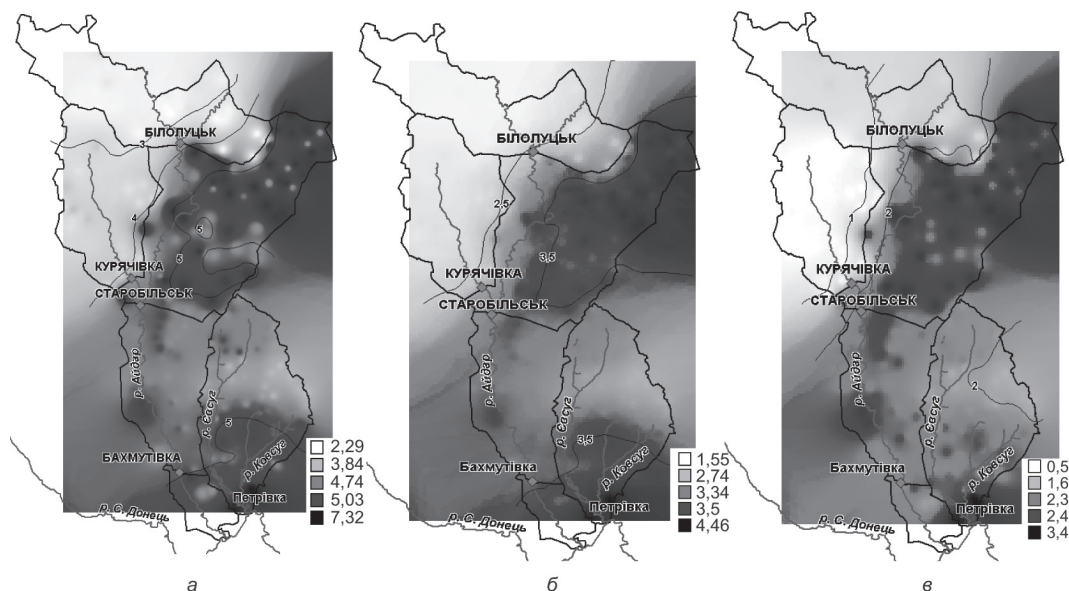


Рис. 5. Картограми ерозійних індексів безпеки земель: а — E_{110} ; б — E_{125} ; в — E_{150}

F (частка площі водозборів гідропостів Білолуцьк, Курячівка, Старобільськ, Бахмутівка у водозборі басейну р. Айдар) $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = 1$;

X (зливи, мм за гідропостами) $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 = 335,1$;

$F_{лс}$ (поперечні лісосмуги, % за гідропостами) $F_{лс1} + F_{лс2} + F_{лс3} + F_{лс4} = 2,1$;

$S_{схил}$ (схили $>1^\circ$, % за гідропостами) $S_{схил1} + S_{схил2} + S_{схил3} + S_{схил4} = 185$;

$F_{гум}$ (вміст гумусу, % за гідропостами) $F_{гум1} + F_{гум2} + F_{гум3} + F_{гум4} = 16,4$;

$S_{бал}$ (яружно-балкова мережа, % за гідропостами) $S_{бал1} + S_{бал2} + S_{бал3} + S_{бал4} = 103,8$;

$S_{тер}$ (перша тераса річки, % за гідропостами) $S_{тер1} + S_{тер2} + S_{тер3} + S_{тер4} = 23,0$;

$S_{пл}$ (плато, % за гідропостами) $S_{пл1} + S_{пл2} + S_{пл3} + S_{пл4} = 57,6$.

Згідно з вихідними даними (табл. 5) проведено розрахунки розораності за гідропостами для варіантів $E_i=0,9-3,2$.

Виявлено, що E_i на території водозбору гідропоста Старобільськ відповідає значенням $E_i=0,8-1,2$ за розораності 50,3–54,0%;

5. Вихідні дані кластерного аналізу розораності за гідропостами водозбору р. Айдар

Гідропост	Фактор моделі								
	f_n — рілля, %	F — частка площі у загальному водозборі річки, %	X — зливові опади, мм	$F_{лс}$ — лісосмуги поперечні, %	$S_{схил}$ — схили $>1^\circ$, %	$F_{гум}$ — вміст гумусу, %	$S_{бал}$ — яружно-балкова мережа, %	$S_{тер}$ — перша тераса річки $<1^\circ$, %	$S_{пл}$ — плато (схили $<1^\circ$), %
Білолуцьк	69,4	0,282	79,2	0,42	41,84	4,57	32	5,16	14
Курячівка	62,7	0,103	78,7	0,56	46	4,13	36	0,01	12
Старобільськ	68,3	0,516	83,7	0,58	50,66	4,1	17,79	7,31	16,6
Бахмутівка	72,6	0,099	93,5	0,57	46,5	3,58	18	10,5	15
Ресурси (сума)	273,0	1	335,1	2,13	185,0	16,38	103,79	22,97	57,6

6. Комплекс протиерозійних заходів на басейновій основі

Природно-антропогенний рівень басейну	Заходи управління, які відповідають ерозійно-гідрологічній ситуації			
Басейн річки	Співвідношення компонентів агроландшафту (рілля : кормові угіддя : ліс), %			
	Фактичні		Прогнозні	
	70–80 : 16–29 : 1–4		40–60 : 34–58 : 2–4	
Система балкових водозборів за гідропостами:	Диференціація ріллі залежно від Q_{max} за ймовірностями, %			
	Q_1	Q_5	Q_{10}	Q_{50}
Білолуцьк	40	50	50	60
Курячівка	40	40	40	50
Старобільськ	40	50	50	60
Бахмутівка	40	50	50	60
Балкові водозбори	Потреба диференціації структури посівних площ за рівнями E_i (+, -):			
	< 3	3–4	4–5	>5
Білолуцьк	+	+	+	–
Курячівка	+	+	+	–
Старобільськ	–	+	+	+
Бахмутівка	–	–	+	–

гідропост Бахмутівка — $E_i=0,9-1,3$ за розораності 53,6–57,5%; гідропост Курячівка — $E_i=0,9-1,0$ за розораності 56,8–57,8% і гідропост Білолуцьк — $E_i=1,0-1,3$ за розораності 57,1–60,1%. Загалом, за гідропостами р. Айдар оптимальних величин E_i (цільова функція) можна досягти за значень розораності в межах 53–60%.

3. Протиерозійні заходи з урахуванням E_i у басейні р. Айдар. Комплекс протиерозійних заходів на басейновій основі передбачає диференційовані заходи в системі природно-антропогенного рівня басейну (басейн річки, система балкових водозборів за

гідропостами, балкові водозбори) (табл. 6).

В узагальненому вигляді комплекс протиерозійних заходів на басейновій основі спрямований, відповідно:

- у басейні річки загалом — на оптимізацію співвідношення компонентів агроландшафту;
- на рівні системи балкових водозборів — на диференціацію розораності на імовірнісній основі витрат стоку;
- на рівні окремих балкових водозборів — на виявлення потреби оптимізації структури посівних площ і застосування протиерозійних агрозаходів.

Висновки

У басейні малих річок ГІС-картографування територіальних агроландшафтних структур потрібно реалізовувати на основі формування бази даних факторів впливу на розвиток ерозійних процесів за такими блоками: басейновий (уміст гумусу в ключових точках, %; частка площі в загальному водозборі річки, %; частка площі поперечних лісосмуг, %; частка площі ріллі, %); кліматичний (зливові опади, мм); геоморфологічний (схили

>1°, %; яружно-балкова мережа, %; перша тераса річки зі схилом до 1°, %; плато — до 1°, %).

Типізацію ерозійно-гідрологічної мережі, аналіз полезахисної лісистості, різних площинних характеристик водозборів потрібно проводити за ключовими ділянками з використанням ГІС-технологій методом побудови картосхем.

Для уточнення показників розораності рекомендуємо проводити аналіз

структури басейну малих річок з диференціацією за адміністративними одиницями землекористування у водозбірних зонах уздовж течії річки.

Оцінку інтенсивності (напруженості) ерозійно-гідрологічної ситуації за басейновим принципом пропонуємо проводити моделюванням ерозійних індексів безпеки земель різного ступеня забезпеченості.

Комплекс протиерозійних заходів на басейновій основі спрямований відповідно:

- у басейні річки загалом — на оптимізацію співвідношення компонентів агроландшафту;

- на рівні системи балкових водозборів — на диференціацію розораності на імовірнісній основі витрат стоку;

- на рівні окремих балкових водозборів — на виявлення необхідності оптимізації структури посівних площ і застосування протиерозійних агрозаходів.

Екологічну ефективність практичного застосування запропонованої схеми формування агроландшафтів на водозборах рекомендуємо визначати засобами симплекс-методу як співвідносність параметрів розораності (f_n) і ерозійного індексу ($E_{i, 10-50\%}$), коефіцієнта ерозійної небезпеки сівозмін ($K_{\text{внс}}$) і потенційного стоку (ПС).

Belolipskyi V.¹, Poluliakh M.²

NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovskiy», 4 Tchaikovska Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; e-mail: ¹belolipskiy-42@ukr.net, ²nick_pol2015@ukr.net; ORCID: ¹0000-0003-2177-8615, ²0000-0002-7947-4158

Application of the basin concept for soil and water protection arrangement of agro landscapes

Goal. Generalization and approbation of the methodical principles on the use of basin concept in environmental management for soil and water protection arrangement of agro landscapes. **Object of study.** Basin conception of nature management. **Subject of research.** The erosion-and-hydrological situation according to basin principle at different hierarchical levels of the river basin (river basin → beamed catchment). **Methods.** Laboratory-field, mathematical-statistical, topometry, morphological. **Results.** The scheme is elaborated on experimental-analysis activities with the purpose of the formation of a system of anti-erosion measures in the basin of small rivers. The mechanism is given of creation, as well as the database structure of factors determining the occurrence of erosion-hydrological processes. Influence factors are grouped by blocks: basin, climatic, geomorphological. They constructed a schematic map of the typing elements of the erosion-hydrological network (floodplains, gully-beam network, plateau, the first terrace, slopes) and determined their area for development of cost models of the flow. According to the results of a spatial analysis of shelterbelts, they specified the proportion of their area in the watershed and calculated the weighted average plowed areas. They conducted a geomorphological analysis of the catchment areas of the rivers Yevsugh and Kovsugh within the Lugansk region. The assessment of the intensity of erosion-hydrological situation according

to the basin principle is proposed to conduct by modeling erosion indexes of the security of lands (E_i) as the ratio of the maximum discharges of flow (Q_{max}) to safe costs and to create maps of erosion indices. The environmental effectiveness of the scheme of formation of agricultural landscapes in watersheds (on 3 levels of the hydrographic network: the basin of the river → system of the beam catchment → beam reservoirs) is determined using simplex-method as the correlation of the characteristics of the tilled soil and erosion situation. **Conclusions.** In the basin of small rivers, the GIS-cartography (GIS — geographic information system) of territorial agro landscape structures should be implemented through the formation of a database of factors influencing the development of erosion processes. Typing of the erosion-hydrological network, analysis of field-protective forest cover, different planar characteristics of catchments should be undertaken for key sites using GIS-technology by the method of constructing maps. To clarify the parameters of tilled soil it is recommended to perform the analysis of the structure of the basin of small rivers, differentiated according to administrative units of land use in the catchment areas along the river. They propose to assess the intensity of the erosion-hydrological situation according to the basin principle by modeling the erosion indices of land security (E_i) of different degrees of security. The ecological efficiency of the practical application of the proposed scheme of agro landscape formation in watersheds it is recommended to determine using the simplex method as the ratio of plowing parameters (f_n) and erosion index ($E_{i, 10-50\%}$), coefficient of erosion hazard of crop rotations (K_{ehcr}), and potential runoff (PR).

Key words: basin, catchment, hydro post, slopes, humus, runoff, costs, factors, coefficient.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202006-07>

Бібліографія

1. Naddeo V., Scannapieco D., Zarra T., Belgiojorno V. River water quality assessment: Implementation of non-parametric tests for sampling frequency optimization. *Land Use Policy*. 2013. № 30. P. 197–205.
2. Directive 20/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 20, establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 20. L. 327. P. 1–72.
3. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting Rainfall Erosion Losses. *Agriculture Handbook*. 1978. № 537. Washington, U.S. Department of Agriculture. 58 p.
4. Van der Knijff J.M., Jones R.J.A., Montanarella L. Soil erosion risk assessment in Europe. *European Soil Bureau*. 2000. № 34. P. 1–31.
5. Швєбс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев — Одесса: Вища школа, 1981. 222 с.
6. Одум Ю. Экология; пер. с англ. Москва: Мир, 1986. Т. 1. 328 с.
7. Белоліпський В.О. Ґрунтоводоохоронна оптимізація агроландшафтів: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2012. 399 с.
8. Булыгин С.Ю., Белоліпський В.А. Почво-водоохоронная оптимизация агроландшафтов: монография. Киев: Аграрна наука, 2012. 352 с.
9. Белоліпський В.О. Оцінка розвитку ерозійних процесів на басейновій основі: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Природа для води», присвячений Всесвітньому дню водних ресурсів, 22 березня 2018 р. Київ. С. 228–229.
10. Белоліпський В.О., Балюк С.А., Полулях М.М., Тімченко Д.О. Оцінка інтенсивності ерозійно-гідрологічних ситуацій за басейновим принципом (методичні рекомендації та аналіз); за ред. В.О. Белоліпського. Харків, 2018. 72 с.
11. Лактионова Т.Н., Медведев В.В., Савченко К.В. и др. База данных «Свойства почв Украины» (структура и порядок использования). ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского». Лаб. геоэкофизики почв. 2-е доп. изд. Харьков: ЦТ № 1, 2012. 149 с.
12. Трускавецький С.Р., Вяткін К.В. Земельна інформаційна система як геоінформаційно-технологічний інструмент моніторингу ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*; міжвід. тем. наук. зб. Вип. 82. Харків: ННЦ «ІГА ім. О.Н. Соколовського», 2015. С. 14–19.
13. Белоліпський В.О., Белослудцева В.М., Другов О.М. та ін. Охорона і відновлення родючості еродованих ґрунтів; за ред. В.О. Белоліпського. Луганськ: СПД Рєзніков В.С., 2012. 116 с.
14. Тарасов В.І. Теоретичні основи яроутворення за сучасних умов землекористування для Північного Степу на сході України: наук.-метод. посібник. Харків: ФОП Бровін О.В. 2018. 64 с.
15. *География овражной эрозии*; за ред. Е.Ф. Зорина. Москва: Изд-во МГУ, 2006. 324 с.