

human development index of Chernivtsi region for 2012-2016, analysis and monitoring of changes in its in the given region. The integral index of regional human development is calculated as the sum of indices for seven key indicators covering three directions: long and healthy life, well-being and decent work and education.

Having analyzed the index of human development of Chernivtsi region for 5 years it is possible to separate certain features of the change of indicator:

- the highest index has reached the index in 2014 -0,901, and the lowest – in 2016-0,793;
- by 2016 Ukraine occupies 84th place in the country's ranking on the Human Development Index and is estimated as 0.743, i.e., in Chernivtsi region, the index for 2016 is higher than the total Ukrainian;
- The graph of the Human Development Index of the Chernivtsi Oblast has a hump-like appearance; from 2012 to 2013 there was a gradual decline in the index, after which the index from 2013 to 2014 reached its maximum value from 2014-2016 due to the economic crisis and the difficult economic situation in the state. The index has decreased by 13.6% from the value in 2014.

The main indicator that influenced the index value is the general coefficient of growth (reduction) of the population, therefore the best situation for this indicator was in 2012, and the worst in 2016. But in 2014, this indicator is 0.870 and there is no significant effect on the index decrease, so the index in this year is very high, besides, all indicators except the number of dead from intentional self-harm and the volume of expenditures of local budgets are above 0.9, and the volume of expenditures of local budgets is less important due to the increase of the exchange rate, as this particular indicator in 2016 has a maximum value.

One of the main problems of human development in the Chernivtsi region and in Ukraine as a whole is the uncertainty of the strategy and tactics of social policy, which would have an impact on the main tasks at both the state and regional levels, with the definition of their peculiarities regarding the formation of demographic policy, employment, increase of wages of workers, regulation of the labor market of educational services market, optimal reform of the health care system, introduction of mechanisms for providing social and household services for population etc.

Taking into account regional features and socio-geographical conditions of development of Chernivtsi region, priority directions of development of human potential of this region have been developed, aimed at increasing the competitiveness of the territory in the current conditions of reforming Ukrainian society.

Keywords: human potential, healthy life, welfare, education, Chernivtsi region.

<http://doi.org/10.17721/1728-2721.2017.68.3>
УДК 631.47:631.67.

П. Лозовіцький, канд. техн. наук, старш. наук. співроб., доц.
Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського, Київ,
А. Молочко, канд. географ. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

ЗАКОНОМІРНОСТІ СТУПЕНЯ ВТОРИННОГО ОСОЛОНЦЮВАННЯ ҐРУНТІВ АНТРОПОГЕННИХ ПРИРОДНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

На підставі узагальнення і математичного моделювання результатів тривалих багаторічних досліджень зміни вмісту обмінних основ ґрунтів антропогенних природно-технічних систем, проведених автором та іншими дослідниками на зрошувальних землях півдня України, встановлено емпіричну залежність осолонцювання верхнього горизонту автоморфних ґрунтів залежно від мінералізації та складу поливної води й тривалості зрошення та запропоновано формули прогнозування ступеня їх осолонцювання як за натрієм, так і за магнієм. Отримані узагальнені результати досліджень свідчать, що поливна вода із мінералізацією 0,5 г/дм³ викликає слабе осолонцювання ґрунту за натрієм через 45 років зрошення; 1 – 35; 1,5 – 15; 2 – 7; 3 г/дм³ і більше – уже у перший рік зрошення.

Середній ступінь натрієвого осолонцювання зрошуваних високобуферних ґрунтів наступає при зрошенні водою із мінералізацією 1,5 г/дм³ через 50 років; 2,0 г/дм³ – 40; 3,0 г/дм³ – 20; 4,0 г/дм³ – 5; із мінералізацією 5,0 г/дм³ і більше – у перший рік зрошення. Сильний ступінь натрієвого осолонцювання зрошуваних високобуферних ґрунтів наступає при зрошенні водою із мінералізацією 3,0 г/дм³ через 53 роки зрошення; 4,0 г/дм³ – 37; 5,0 г/дм³ – 22; 6,0 г/дм³ – 12; із мінералізацією 7,0 г/дм³ і більше – у перший рік зрошення. Натрієві солонці на зрошуваних землях утворюються при зрошенні поливною водою більше 5 г/дм³ після 55 років зрошення; 6,0 г/дм³ – 40; 7,0 г/дм³ – після 20 років зрошення. Чим вищий вміст увібраного магнію у ґрунтах до початку зрошення, вища мінералізація поливної води й більший термін зрошення, тим швидше осолонцюються зрошені ґрунти за магнієм. Чим вища сума увібраних основ у ґрунтового вбирного комплексу (ГВК) до початку зрошення, менша мінералізація поливної води і довший термін зрошення, тим більш значне зниження суми увібраних основ і тим нижча буферна здатність зрошуваних ґрунтів.

Ключові слова: ґрунтовий вбирний комплекс, увібрані катіони, ступінь осолонцювання, тривалість зрошення, якість поливної води, база даних, математичне моделювання, кореляційні зв'язки, емпіричні рівняння.

Вступ. Постановка проблеми дослідження. Тривале використання зрошуваних ґрунтів півдня України, особливо в умовах застосування для поливів, що непридатні за іригаційними показниками вод, є значним фактором еволюції й диференціації ландшафтно-геохімічних та екологічних умов. Порушення стану рівноваги в агроєкосистемах при зрошенні пов'язане, передусім, із розвитком процесів деградації ґрунтів, що обумовлюється зменшенням їхньої потенціальної родючості. Численні антропогенні навантаження на агроєкосистеми, викликані зрошенням, ведуть до засолення, осолонцювання, погіршення структури ґрунту, порушення біохімічної рівноваги, пригніблення ґрунтової мікрофлори, накопичення забруднюючих речовин тощо. За літературними даними, інтенсивність цих процесів є різною, а їхній перебіг у різних природних умовах неоднозначний.

У зв'язку із цим одним із головних завдань сучасного використання і стійкості агроландшафтних комплексів є адаптація існуючих та обґрунтування нових екологічно безпечних технологій зрошення для конкретних ґрунтово-екологічних умов. Але вирішення цієї задачі вимагає кількісної оцінки змін, що відбулися у ґрунтах

за певні терміни зрошення та створення системи контролю й діагностики стану їхньої родючості за певними властивостями.

Мета роботи: установити параметри ступеня натрієвого та магнієвого осолонцювання зрошуваних автоморфних ґрунтів півдня України залежно від початкового стану ґрунтового покриву, іригаційної якості поливної води та терміну зрошення.

Завдання досліджень: 1) створити інформаційну базу даних зміни еколого-меліоративного стану зрошуваних ґрунтів у різних ґрунтово-кліматичних умовах півдня України протягом 1931–2015 рр.; 2) узагальнити результати досліджень ступеня їх осолонцювання залежно від мінералізації, співвідношення катіонів і аніонів поливної води, тривалості зрошення; 3) моделювання та прогнозування ступеня вторинного осолонцювання зрошуваних автоморфних ґрунтів півдня України залежно від екологічного стану ґрунтів до початку зрошення, іригаційної якості поливної води, терміну зрошення тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Матеріали та об'єкти досліджень. Для моделювання процесу осолонцювання нами вибрано 64 об'єкти досліджень,

виконаних різними авторами в різних ґрунтово-екологічних умовах за різних термінів зрошення, що підкреслює географічність процесу. М. Ф. Буданов [1–3] проводив дослідження із питань впливу високомінералізованих шахтних вод Донбасу на засолення й осолоднювання різних типів ґрунтів протягом 10–40-річного періоду зрошення. А. М. Корж [7, 8] проводила дослідження осолоднювання темно-каштанових ґрунтів Василівського зрошувального масиву в південно-західній частині Одеської області при поливі водою оз. Китай, Т. М. Хрушова [22] – на чорноземах звичайних і карбонатних у Молдові при поливі водою Тараклійського вдсх., Т. Н. Кириєнко, О. І. Жостонюк, С. В. Горбатенко [6] на темно-каштанових ґрунтах Сакського та чорноземах південних Роздольненського, Червоногвардійського, Ленінського, Кіровського районів республіки Крим при поливі водою з Північнокримського каналу, П. С. Лозовіцький, І. В. Ткаченко [14, 19] – на темно-каштанових ґрунтах Генічеської та Сакської зрошувальних систем, П. С. Лозовіцький та С. М. Каленюк – на зрошуваних землях Північнокримського каналу, Каменського поду, Каховської, Інгулецької, Вище-Тарасівської, Криворізької ЗС [5, 9, 10–13, 15, 17, 19], Лозовіцький П. С. [16] – на землях Дунай-Дністровської ЗС при поливі підземною водою й водою оз. Сасик. Використано також матеріали досліджень впливу тривалого зрошення на стан ґрунтів Нижньо-Дністровської, Татарбунарської і Дунайської зрошувальних системах, проведених співробітниками Одеського національного університету [21].

Ґрунти типових дослідних зрошуваних ділянок, які ввійшли до масиву даних моделювання процесу осолоднювання, мали важкий та середній гранулометричний склад, тобто найбільш загрозливий для зміни змісту увібраних катіонів. При цьому їх властивості порівнювали з розташованими поруч не зрошуваними ділянками. Зміни в стані ґрунтів визначали шляхом порівняння показників, отриманих до початку зрошення із зрошуваними певний період (один, три, п'ять, десять, двадцять, тридцять, п'ятдесят і більше років) в динаміці, а також із показниками ґрунтів незрошуваних ділянок.

Сформований файл містить 128 перемінних, які характеризують стан ґрунтів за аналізом водної витяжки

(загальна засоленість, рН, уміст головних іонів у % і мг-екв/100г), суми й складу увібраних катіонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ в мг-екв/100 г та %), вмістом гумусу, %, CaCO_3 у %, щільністю (мг/дм^3) найменшою вологоємністю (%), умістом мулу й глини у гранулометричному складі (%), якістю поливної води (загальна мінералізація, рН, уміст іонів CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ (мг/дм^3 і мг-екв/ дм^3 , співвідношення $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$, $\text{Na}^++\text{K}^+/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}+\text{Na}^++\text{K}^+$, $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$, SAR).

Методи досліджень базуються на системному аналізі та загальних принципах об'єктивності, причинності, актуальності й еволюційності. З традиційних загальнонаукових методів застосовано спостереження, аналіз і синтез, порівняння й аналогія, узагальнення та абстрагування, моделювання й прогнозування, методи математичної статистики та теорії ймовірностей. Формування баз даних інформації здійснювалося в середовищі Microsoft Excel, Costat, Statistic. Математичну обробку результатів досліджень здійснено шляхом систематизації й оцінки одержаної інформації методами табличного й графічного зображення, кореляційного, регресійного й дисперсійного аналізу, виконаного на ПЕОМ із застосуванням стандартного пакета програм.

Виклад основного матеріалу. Результати проведених досліджень та їх узагальнення:

Ґрунти дослідних ділянок Донбасу (28–40) – чорноземи звичайні глинисті середньо гумусні на глинистому карбонатному лесі. У механічному складі ґрунтів уміст мулу перевищував 32 %, а глини – 66 %. Мають високу капілярну вологоємність – 30–35 %. Запаси капілярної вологи у верхньому 50-сантиметровому шарі становлять 450–550 $\text{м}^3/\text{га}$. Максимальна молекулярна вологоємність ґрунтів – 16,3–23,3 % від ваги.

Щільність орного шару ґрунтів до початку зрошення 1,2–1,44 г/см^3 , шару 20–50 см – 1,3–1,6 г/см^3 . Орний шар ґрунтів містив 0,3–0,7 % CaCO_3 та 4,9–6,97 % гумусу. уміст водорозчинних солей до початку зрошення у профілі ґрунтів не перевищував 0,09 % (табл. 1). Сума увібраних основ шару ґрунту 0–50 см на різних ділянках змінювалась у межах 31,5–63,5 мг-екв/100 г ґрунту. Уміст увібраного кальцію 85,2–94,1 % від суми основ, а натрію – 1,5–6,0 % [1].

Таблиця 1. Статистичні характеристики кількісної та якісної мінливості властивостей ґрунтів у шарі 0–50 см до початку зрошення

Показники	Мінімальне значення	Максим. значення	Середнє значення	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Число Ко варіант
Водна витяжка ґрунтів до початку зрошення, мг-екв/100 г ґрунту						
HCO_3^-	0,23	0,83	0,519	0,132	25,43	64
Cl^-	0,04	0,41	0,130	0,069	53,07	64
SO_4^{2-}	0,03	0,92	0,216	0,167	77,31	64
Ca^{2+}	0,20	0,71	0,463	0,141	30,52	64
Mg^{2+}	0,05	0,50	0,182	0,091	50,00	64
Na^++K^+	0,05	0,55	0,186	0,143	76,88	64
pH	6,3	9,3	7,58	0,773	10,19	64
S, %	0,025	0,118	0,066	0,019	16,10	64
Фізико-хімічні властивості ґрунтів до початку зрошення						
Увібрані основи: сума, мг-екв/100 г	24,25	63,2	35,04	11,29	32,22	64
Ca^{2+} , мг-екв/100 г	17,43	59,5	29,82	11,57	38,80	64
Mg^{2+} , мг-екв/100 г	1,35	8,80	4,40	1,92	43,60	64
Na^+ , мг-екв/100 г	0,10	3,07	0,81	0,88	108,60	64
Ca^{2+} , %	71,87	94,10	83,76	6,29	7,50	64
Mg^{2+} , %	2,58	26,80	14,24	7,40	51,97	64
Na^+ , %	0,36	6,00	2,00	1,79	89,50	64
$\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$	2,68	35,90	9,97	9,29	93,18	64
$\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$	14,95	228,90	76,97	56,50	73,40	64
Вміст мулу, %	21,36	45,90	32,18	8,10	25,10	64
Вміст глини, %	42,10	79,40	55,05	9,37	17,09	64
CaCO_3 , %	0	7,63	4,10	2,57	62,68	64
Гумус, %	1,99	4,31	2,57	0,63	24,51	64

Чорноземи південні міцелярно-карбонатні Сакського масиву (5, 10) – лесоподібні незасолені суглинки незначної, близько 2–5, рідше 8–12 м товщини, які залягають на неповсюдно розвинених (до 5 м) червонобурих глинах, або безпосередньо на неогенових вапняках. В орному шарі мають щільність 1,22–1,30 г/см³, пористість 50–53 %, граничну польову вологість 28,6–29,4 %, коефіцієнт фільтрації 0,3–0,02 м/добу. Із глибиною щільність зростає, пористість, польова гранична вологоємність, коефіцієнт фільтрації – знижуються.

Загальний уміст солей у метровому шарі богарних ґрунтів не перевищує 0,051 %. Уміст гумусу орного шару змінюється в межах 2,6–2,9 %. Сума увібраних основ у шарі 0–50 см – 25,5–26,8 м. екв/100 г ґрунту. Уміст увібраного кальцію становить 83,3–79,9 %, а увібраного магнію – 14,8–19,0 %. Реакція ґрунтового розчину лужна із величиною рН 8–8,2.

Темно-каштанові ґрунти Генічеського району Херсонської обл. (21) сформовані при гострому дефіциті вологи під зрідженою типчаково-полинною рослинністю на лесах. Мають ущільнений перехідний горизонт, що обумовлено природною солонцюватістю, наявністю неглибоко залягаючого від поверхні шару водорозчинних солей і гіпсу, слабке водопоглинання, низьку водопроникність. За механічним складом ґрунти легкоглинисті, із вмістом мулу 37,7–40,4 % та фізичної глини – 61,5–66,4 %. Щільність орного шару ґрунту 1,15–1,25 г/см³, загальна пористість 53–57 %, гранична польова вологоємність 27–32 %, максимальна молекулярна вологоємність – 15–18 %. Відношення вмісту увібраного Са: Mg у верхніх горизонтах становить 5,8 : 1. Сума увібраних основ 33,3–28,1 м. екв/100 г ґрунту, а вміст увібраного натрію – 1–3 %. Уміст гумусу не перевищує 3 % [14, 19].

Чорноземи південні міцелярно-карбонатні Василівського зрошувального масиву (13–18) та **Дунай-Дністровської зрошувальної системи** (22–27) сформовані під злаковими степами південноєвропейської території на нижній лесовій рівнині нижнього Дунаю. Слабогумусні, важкосуглинкового механічного складу із доволі високим рівнем родючості. Ґрунти скипають із поверхні при взаємодії із 10-відсотковим розчином соляної кислоти та мають прошаровану структуру. Товщина гумусового горизонту до 70–100 см. Запаси гумусу до 300 т/га. Уміст гумусу в орному шарі 3,2–3,7 %, щільність ґрунту 1,24–1,28 г/см³. Ґрунти незасолені із умістом солей до 0,050–0,080 %. Сума обмінних основ 24,0–21,2 м.екв/100 г ґрунту. Сольовий гіпсовий горизонт залягає глибше 3 м [7, 8].

Чорноземи південні Інгuleцької зрошувальної системи Миколаївської обл. (19,20) сформовані на четвертинних лесовидних суглинках із важко-суглинистим механічним складом і вмістом фізичної глини 52,8–54,6 %, мулу – до 36,7 %. Щільність ґрунтів в орному шарі змінювалась у межах 1,19–1,28, шпаркуватість від 40 до 43,2 %, із максимальною молекулярною вологоємністю 15,–17,3 %. Із глибиною щільність зростає до 1,64 г/см³, а шпаркуватість знижується до 38,4 % у шарі ґрунту 95–105 см. Коефіцієнт фільтрації до початку зрошення становив 0,00033 см/с.

Ґрунтовий вбирний комплекс насичений кальцієм і магнієм (97 %) від ємності вбирання. Сума основ 26–32 мг-екв на 100 г ґрунту. Карбонати із глибини 50 см. Уміст гумусу в орному шарі 2,45–3,26 %. Ґрунти незасолені з умістом солей 0,024–0,050 % (табл. 1). Для порівняння змін, що відбулися у ґрунтах під впливом поливів водами різної якості, у табл. 2 наведено хімізм і величину засолення та осолонцювання зрошуваних ґрунтів за певний термін зрошення [3, 11, 15].

Таблиця 2. Статистичні характеристики кількісної та якісної мінливості властивостей зрошуваних ґрунтів у шарі 0–50 см

Властивості зрошуваних ґрунтів						
Показники	Мінімальне значення	Максим. значення	Середнє значення	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Число Ко варіант
Термін зрошення, роки	1	52	15,50	14,64	94,45	64
Водна витяжка зрошуваних ґрунтів, мг-екв/100 г ґрунту						
HCO ₃ ⁻	0,25	1,17	0,667	0,237	35,53	64
Cl ⁻	0,04	1,60	0,494	0,431	87,25	64
SO ₄ ²⁻	0,10	6,91	1,189	1,733	145,75	64
Ca ²⁺	0,17	2,50	0,730	0,690	94,52	64
Mg ²⁺	0,07	0,74	0,292	0,179	62,30	64
Na ⁺ +K ⁺	0,11	6,10	1,237	1,629	131,69	64
pH	6,78	9,41	7,87	0,77	9,78	64
S, %	0,044	0,657	0,165	0,155	93,93	64
Фізико-хімічні властивості зрошуваних ґрунтів						
Увібрані основи: сума, мг-екв/100 г	23,68	56,3	33,72	8,21	24,34	64
Ca ²⁺ , мг-екв/100 г	12,15	47,8	25,50	8,30	32,54	64
Mg ²⁺ , мг-екв/100 г	1,5	10,55	5,62	2,33	41,45	64
Na ⁺ , мг-екв/100 г	0,09	13,2	2,59	2,550	98,45	64
Ca ²⁺ , %	47,01	89,90	74,724	11,578	15,49	64
Mg ²⁺ , %	4,10	35,33	18,206	9,014	49,51	64
Na ⁺ , %	0,22	24,77	7,009	6,163	87,93	64
Ca ²⁺ /Mg ²⁺	1,393	21,93	5,94	4,24	71,38	64
Ca ²⁺ /Na ⁺	2,098	392,22	37,28	70,35	188,70	64
Вміст мулу, %	21,80	46,30	33,04	7,61	23,03	33
Вміст глини, %	42,40	79,60	56,60	9,11	16,09	33
CaCO ₃ , %	0	7,63	3,48	2,44	70,11	21
Гумус, %	1,91	4,3	2,64	0,58	22,00	33

Якість поливної води. У дослідях використано природні та шахтні води Донбасу із мінералізацією від

0,404 до 6,371 г/л. Серед токсичних солей у хімічному складі поливних вод переважали солі NaCl, MgSO₄,

MgCl₂. Поливна вода, яку застосовували для поливу більшості дослідних ділянок, мала незадовільні іригаційні характеристики. За існуючим Державним стандартом вона належала до класу обмежено придатної й непридатної для зрошення.

Основні статистичні характеристики кількісної мінливості варіаційних рядів (мінімальне, максимальне, середнє значення, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації) свідчать про значну мінливість властивостей ґрунтів у різних дослідних ділянках за більшістю показників. Так, за аналізом водної витяжки ґрунти до початку зрошення мали значну мінливість за вмістом усіх іонів і середню за величиною водневого показника pH та загальною засоленістю. Ці самі ґрунти за фізико-хімічними властивостями також мали значну мінливість і лише за відсотковим умістом увібраного кальцію – незначну, а вмістом глини – середню.

За теорією ймовірностей розподіл варіант у більшості варіаційних рядів має не нормальний, а зрізаний від'ємний ексцесивний характер, коли у центрі не вершина, а впадина і варіаційна крива стає дво-, а то і тривершинною. Такий розподіл варіант підтверджує той факт, що у вибірку потрапили представники декількох

сукупностей із різними середніми величинами загальної мінералізації та вмістом іонів у поливній воді, різним ступенем засоленості ґрунтів у верхньому 0–50 см шарі за різних термінів зрошення.

Із теоретичної позиції концептуальна схема процесу натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів (Na⁺, %) є функцією від мінералізації поливної води, умісту та співвідношення в ній катіонів, умісту увібраних катіонів у ґрунтовому вбирному комплексі до початку зрошення, умісту карбонатів кальцію або гіпсу в ґрунтах, а також терміну зрошення.

За допомогою множинно-регресійного аналізу, створеної автором бази даних, одержані статистичні моделі зміни складових ґрунтового вбирного комплексу зрошуваних ґрунтів, які виявили загальні закономірності процесу осолонцювання зрошуваних ґрунтів як за натрієм, так і за магнієм, а також проблему поступового зниження суми увібраних катіонів при зрошенні.

Для прогнозування ступеня натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів залежно від мінералізації поливної води (M), тривалості зрошення (T) отримане рівняння регресії із коефіцієнтами кореляції 0,867, F = 64,19; MS = 395,6; S² = 1050,14;

$$\text{Na, \%} = -0,229 + 2,0003 M + 0,181 T \quad (1)$$

Отримано й інші рівняння регресії із трьома та більше перемінними:

$$\text{Na, \%} = -0,4428 + 1,861 M + 0,167 T + 0,387 \text{ Na б, \%} \quad (2),$$

примітка: r = 0,867; F = 64,19; MS = 395,6; S² = 1050,14.

$$\text{Na, \%} = -0,1199 + 1,776 M + 0,1593 T + 0,387 \text{ Na, в} + 0,3963 \text{ Na б, \%} \quad (3),$$

примітка: r = 0,966; F = 137,49; MS = 344,73; S² = 1050,14.

$$\text{Na, \%} = -2,243 + 0,7844 M + 0,1653 T + 0,2825 \text{ Na, в} + 0,6324 \text{ Na/Ca, в} + 0,3963 \text{ Na, в.в.} \quad (4),$$

примітка: r = 0,98; F = 196,78; MS = 202,02; S² = 1050,14.

$$\text{Na, \%} = 1,706 + 1,508 M + 0,1648 T + 1,59 \text{ Na/Ca, в} - 11,5219 \text{ Mg/Ca+Mg, в} + 0,4903 \text{ Na б, \%} \quad (5),$$

примітка: r = 0,967; F = 113,53; MS = 196,53; S² = 1050,14.

де Na б, % – уміст увібраного натрію (% від суми ГВК) у ґрунті до початку зрошення; Na, в – уміст натрію у поливній воді, мг-екв/дм³; Na, % в.в. – уміст натрію у водній витяжці, %; Na/Ca, в – співвідношення натрію до кальцію у поливній воді, мг-екв/дм³; Mg/Ca+Mg, в – співвідношення магнію до суми кальцію та магнію у поливній воді, мг-екв/дм³.

Отримані узагальнені результати досліджень свідчать, що поливна вода із мінералізацією до 0,5 г/дм³ не викликає натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів протягом 40 років, 1–30, 1,5–15, 2,0 г/дм³ – протягом п'яти років (табл. 3).

Таблиця 3. Ступінь солонцюватості зрошуваних ґрунтів у верхньому 0,5-метровому шарі за натрієм залежно від мінералізації поливної води та терміну зрошення

Термін зрошення, роки	Осолонцювання ґрунтів за Na, % при мінералізації поливної води, г/дм ³								
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
1	-	-	2,686	4,253	7,388	9,644	11,900	14,156	16,412
3	-	0,548	2,944	4,561	7,696	9,942	12,208	14,464	16,720
5	-	0,857	3,302	4,869	8,004	10,260	12,516	14,772	17,028
10	-	1,627	4,073	5,639	8,774	11,030	13,286	15,542	17,798
15	0,828	2,397	4,842	6,409	9,544	11,800	14,056	16,312	18,568
20	1,598	3,167	5,612	7,179	10,314	12,570	14,826	17,082	19,338
30	3,138	4,707	7,152	8,719	11,854	14,110	16,366	18,622	20,878
40	4,648	6,247	8,692	10,259	13,394	15,650	17,906	20,162	22,418
50	6,218	7,787	10,232	11,799	14,934	17,190	19,446	21,702	23,958
60	7,760	9,227	11,772	13,339	16,474	18,730	20,986	23,242	25,498
Na/Ca у воді	0,5	1,0	2,5	3,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

Примітка: мінералізація поливної води і термін зрошення знижують осолонцювання ґрунтів; 0,548–4,869 – мінералізація поливної води й термін зрошення не викликають осолонцювання ґрунтів; **5,448–9,956** – мінералізація поливної води і термін зрошення викликають слабе осолонцювання ґрунтів; 10,232–14,934 – мінералізація поливної води та термін зрошення викликають середнє осолонцювання ґрунтів; **15,292–19,858** – мінералізація поливної води і термін зрошення викликають сильне осолонцювання ґрунтів; **20,216–25,498** – мінералізація поливної води й термін зрошення призводять до утворення солонців.

Полівна вода із мінералізацією 0,5 г/дм³ викликає слабе осолонцювання високобуферного ґрунту за натрієм че-

рез 45 років зрошення; 1 г/дм³ – 35; 1,5–15; 2–7; із мінералізацією 3 г/дм³ і більше – уже у перший рік зрошення.

Середній ступінь натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів настає при зрошенні водою із мінералізацією 1,5 г/дм³ через 50 років; 2,0 г/дм³ – 40; 3,0–20; 4,0–5; із мінералізацією 5,0 г/дм³ і більше – у перший рік зрошення.

Сильний ступінь натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів настає при зрошенні водою із мінералізацією 3,0 г/дм³ через 53 роки зрошення; 4,0–37; 5,0–22; 6,0–12; із мінералізацією 7,0 г/дм³ і більше – у перший рік зрошення. Натрієві солонці на зрошуваних землях утворюються при зрошенні поливною водою більше 5 г/дм³ після 55 років зрошення; 6,0–40; із мінералізацією 7,0 г/дм³ – після 20 років зрошення.

Крім того, встановлено, що натрієве осолонцювання ґрунтів середнього й важкого гранулометричного складу може викликати вода із мінералізацією вище 500 і 647 мг/дм³ – за методикою іригаційної оцінки Буданова [4]; 1500 мг/дм³ – за методикою Департаменту сільського

господарства США [23]; вище 2180 мг/дм³ – за Можейко і Воротнік [20]. Аналогічне осолонцювання таких самих ґрунтів здатна викликати вода, яка містить більше 460 мг/дм³ Na⁺ – за методикою Можейко і Воротнік; більше 295 мг/дм³ – за методикою Департаменту сільського господарства США; більше 90 мг/дм³ – за методикою Буданова. Цими результатами підтверджено неоднозначність результатів іригаційної оцінки поливної води за різними методиками, яка здатна викликати натрієве осолонцювання. Для умов України найпридатнішою є методика М. Ф. Буданова [4], яка не знайшла свого застосування у Державному стандарті України на поливну воду.

Для прогнозування ступеня магнієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів залежно від мінералізації поливної води, тривалості зрошення отримані рівняння регресії із коефіцієнтами кореляції 0,916, F = 71,535; MS = 1304,5; S² = 3897,79:

$$\text{Mg, \%} = -9,893 + 2,405M + 0,242 T + 1,43 \text{ Mg б, \%} \quad (6)$$

$$\text{Mg, \%} = -8,117 + 2,083M + 0,254 T + 1,323 \text{ Mg б, \%} \quad (7)$$

Примітка: r = 0,938; F = 100,79; MS = 1149,65; S² = 3916,61.

$$\text{Mg, \%} = -6,411 + 2,195M + 0,253 T + 1,372 \text{ Mg б, \%} - 4,612 \text{ Mg/Na/Ca, в} \quad (8)$$

Примітка: r = 0,939; F = 74,84; MS = 863,7; S² = 3916,61.

$$\text{Mg, \%} = -1,732 + 0,364M + 0,274 T + 0,409 \text{ Mg, в} + 1,2747 \text{ Mg б, \%} - 9,836 \text{ Mg/Na/Ca, в} \quad (9)$$

Примітка: r = 0,954; F = 79,71; MS = 719,5; S² = 3916,61, де Mg б, % – уміст увібраного магнію (% від суми ГВК) у ґрунті до початку зрошення; Mg, в – уміст магнію в поливній воді, мг-екв/дм³; Mg/Na+Mg, в – співвідношення магнію до суми кальцію та магнію у поливній воді, мг-екв/дм³.

Отримані узагальнені результати магнієвого осолонцювання за рівняннями 7 (табл. 4) свідчать, що поливна вода із мінералізацією до 0,5 г/дм³ не викликає осолонцювання зрошуваних ґрунтів протягом 15 років, 1,0–10, 1,5–5, 2,0 г/дм³ – протягом 3-х років при вмісті увібраного магнію у ґрунті до початку зрошення менше 10 %.

Таблиця 4. Ступінь солонцюватості зрошуваних ґрунтів у верхньому 0,5-метровому шарі за магнієм залежно від мінералізації поливної води та терміну зрошення при його вмісті до початку зрошення 10 %

Термін зрошення, роки	Осолонцювання ґрунтів за Mg, % при мінералізації поливної води, г/дм ³								
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
1	6,409	7,450	8,492	9,533	11,616	13,699	15,782	17,865	19,948
3	6,917	7,958	9,000	10,041	12,124	14,207	16,290	18,373	20,456
5	7,425	8,466	9,508	10,549	12,632	14,715	16,798	18,881	20,964
10	8,695	9,736	10,778	11,819	13,902	15,985	18,068	20,151	22,234
20	11,235	12,276	13,318	14,359	16,442	18,525	20,608	22,691	24,774
30	13,775	14,816	15,858	16,899	18,982	21,065	23,148	25,231	27,314
40	16,315	17,356	18,398	19,439	21,522	23,605	25,688	27,771	29,854
50	18,855	19,896	20,938	21,979	24,062	26,145	28,228	30,311	32,394
60	21,395	22,436	23,478	24,519	26,602	28,685	30,768	32,851	34,934

Примітка: **9,736** – мінералізація поливної води і термін зрошення знижують осолонцювання ґрунтів; 11,005–19,896 – мінералізація поливної води та термін зрошення не викликають осолонцювання ґрунтів; **20,04–25,57** – мінералізація поливної води й термін зрошення викликають слабе осолонцювання ґрунтів; **30,768–34,934** – мінералізація поливної води і термін зрошення викликають середнє осолонцювання ґрунтів.

Натомість слабе осолонцювання ґрунтів за магнієм настає через 55 років зрошення водою із мінералізацією до 0,5 г/дм³ при вмісті увібраного магнію до початку зрошення 10 % від суми ГВК.

Збільшення терміну зрошення на один рік збільшує вміст увібраного магнію у зрошуваних ґрунтах в середньому на 0,254 %, а збільшення мінералізації поливної води на 1 г/дм³ підвищує вміст увібраного магнію у ґрунті за рік зрошення на 2,083 %. При цьому паралельно зростає й уміст увібраного натрію, про що описано вище, та знижується уміст увібраного кальцію.

Значно вищі темпи магнієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів при більш високому вмісті увібраного магнію у ґрунтах до початку зрошення. Так, при початковому вмісті увібраного магнію у ґрунтах 20 % від суми

ГВК зрошення водою 0,5 г/дм³ через 37 років викликає середнє осолонцювання, а уміст увібраного магнію перевищує 30 %. Зрошення водою 4 г/дм³ викликає сильне магнієве осолонцювання через 53 роки, а водою 7 г/дм³ – через 28 років. Отже, чим вищий уміст увібраного магнію у ґрунтах до початку зрошення, вища мінералізація поливної води та більший термін зрошення, тим швидше осолонцюються зрошувані ґрунти за магнієм.

Для прогнозування зміни суми увібраних основ у процесі зрошення ґрунтів отримані рівняння регресії залежно від мінералізації поливної води, тривалості зрошення та суми вмісту увібраних основ до початку зрошення із коефіцієнтами кореляції 0,987, F = 536,81; MS = 1267; S² = 3897,79:

$$\text{ГВК, мг-екв/100 г} = 8,107 - 0,038 T + 0,108 M + 0,718 \text{ ГВК, б} \quad (10)$$

де ГВК, мг-екв/100 г – сума увібраних основ після періоду зрошення; ГВК, б – сума вмісту увібраних основ до початку зрошення, мг-екв/100 г ґрунту.

Отримані за формулою 10 результати досліджень свідчать, що при початковому вмісті суми увібраних основ у межах 20 мг-екв/100 г ґрунту, зрошення вже в

перший рік позитивно впливає на зростання суми увібраних основ (табл. 5) за рахунок розчинення й вилугування карбонатів кальцію та друз гіпсу із сольових запасів і впровадженням (адсорбції) катіонів кальцію, меншою мірою, магнію у ґрунтовий вбирний комплекс за значно частішої зміни окислювально-відновлювального потенціалу і процесів, пов'язаних із ним. Але навіть через 60 років зрошення у таких ґрунтах сума увібраних основ не знижується нижче рівня до початку зрошення за будь-якої мінералізації поливної води.

За значно вищої суми обмінних основ до початку зрошення (напр., 30 та 40 мг-екв/100 г) термін зрошення

має суттєвіший вплив на зниження суми увібраних основ у тривало зрошуваних ґрунтах. Так, при сумі увібраних основ до початку зрошення 30 мг-екв/100 г ґрунту при зрошенні водою від 0,5 до 3 г/дм³ спостерігається зниження вмісту суми увібраних основ уже в перший рік зрошення. При мінералізації води, що вища за 3 г/дм³, спостерігається незначне (до 0,35 мг-екв/100 г ґрунту) накопичення суми увібраних основ у перші роки зрошення. Із часом починається зниження суми обмінних основ, яке через 50 років зрошення становить, у середньому, 2,2 мг-екв/100 г ґрунту при поливі водою 0,5 г/дм³ і 1,5 мг-екв/100 г ґрунту – при поливі водою 7 г/дм³.

Таблиця 5. Зміна суми увібраних основ у верхньому 0,5-метровому шарі зрошуваних ґрунтів залежно від мінералізації поливної води та терміну зрошення (уміст основ до початку зрошення 20 мг-екв/100 г ґрунту)

Термін зрошення, роки	Сума основ (мг-екв/100 г) при мінералізації поливної води, г/дм ³								
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
1	22,483	22,537	22,591	22,645	22,753	22,861	22,969	23,077	23,178
3	22,407	22,461	22,515	22,569	22,677	22,785	22,893	23,001	23,102
5	22,331	22,385	22,439	22,493	22,601	22,709	22,817	22,925	23,026
10	22,141	22,195	22,249	22,303	22,411	22,519	22,627	22,735	22,836
20	21,761	21,815	21,869	21,923	22,031	22,139	22,247	22,355	22,456
30	21,381	21,435	21,489	21,543	21,651	21,759	21,867	21,975	22,076
40	21,001	21,055	21,109	21,163	21,271	21,379	21,487	21,595	21,696
50	20,621	20,675	20,729	20,783	20,891	20,999	21,107	21,215	21,316
60	20,241	20,295	20,349	20,403	20,511	20,619	20,727	20,835	20,936

При сумі увібраних основ до початку зрошення 40 мг-екв/100 г ґрунту вже в перший рік зрошення відслідковано суттєве зниження суми основ у ГВК на 3,15 і 2,5 мг-екв/100 г ґрунту при мінералізації поливної води відповідно 0,5 та 7,0 г/дм³ (табл. 6).

Таблиця 6. Зміна суми увібраних основ у верхньому 0,5-метровому шарі зрошуваних ґрунтів залежно від мінералізації поливної води та терміну зрошення (уміст основ до початку зрошення 40 мг-екв/100 г ґрунту)

Термін зрошення, роки	Сума основ (мг-екв/100 г) при мінералізації поливної води, г/дм ³								
	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0
1	36,843	36,897	36,951	37,005	37,113	37,221	37,329	37,437	37,538
3	36,767	36,821	36,875	36,929	37,037	37,145	37,253	37,361	37,462
5	36,691	36,745	36,799	36,853	36,961	37,069	37,177	37,285	37,386
10	36,501	36,555	36,609	36,663	36,771	36,879	36,987	37,095	37,196
15	36,311	36,365	36,419	36,473	36,581	36,689	36,797	36,905	37,006
20	36,121	36,175	36,229	36,283	36,391	36,499	36,607	36,715	36,816
25	35,931	35,985	36,039	36,093	36,201	36,309	36,417	36,525	36,626
30	35,741	35,795	35,849	35,903	36,011	36,119	36,227	36,335	36,436
40	35,361	35,415	35,469	35,523	35,631	35,739	35,847	35,955	36,056
50	34,981	35,035	35,089	35,143	35,251	35,359	35,467	35,575	35,676
60	34,601	34,655	34,709	34,763	34,871	34,979	35,087	35,195	35,296

Через 50–60 років зрошення сума увібраних основ у ґрунтах що мали до початку зрошення 40 мг-екв/100 г, знижується на 4,33–5,4 мг-екв/100 г ґрунту при поливі водою від 0,5 до 7,0 г/дм³. Отже, чим вища сума основ у ГВК до початку зрошення, чим менша мінералізація поливної води й довший термін зрошення, тим більш значне зниження суми увібраних основ і тим нижча буферна здатність зрошуваних ґрунтів.

Висновки. Уперше обґрунтовано критерії оцінки екологічної безпеки зрошуваних ґрунтів антропогенних природно-технічних систем півдня України, що дозволяє прогнозувати ступінь вторинного осолонцювання їх верхнього шару залежно від мінералізації та складу поливної води і тривалості зрошення за формулами емпіричних залежностей як за натрієм, так і за магнієм.

Поливна вода із мінералізацією до 0,5 г/дм³ не викликає натрієвого осолонцювання зрошуваних ґрунтів протягом 40 років, 1,0–3,0, 1,5–15, 2,0 г/дм³ – протягом п'яти років.

Поливна вода із мінералізацією 0,5 г/дм³ викликає слабе осолонцювання високобуферного ґрунту за натрієм через 45 років зрошення; 1–35; 1,5–15; 2–7; із мінералізацією 3 г/дм³ і більше – вже у перший рік зрошення.

Середній ступінь натрієвого осолонцювання зрошуваних високобуферних ґрунтів настає при зрошенні водою із мінералізацією 1,5 г/дм³ через 50 років; 2,0–4,0; 3,0–20; 4,0–5; із мінералізацією 5,0 г/дм³ і більше – у перший рік зрошення.

Сильний ступінь натрієвого осолонцювання зрошуваних високобуферних ґрунтів настає при зрошенні водою із мінералізацією 3,0 г/дм³ через 53 роки зрошення; 4,0–37; 5,0–22; 6,0–12; із мінералізацією 7,0 г/дм³ і більше – у перший рік зрошення.

Натрієві солонці на зрошуваних землях утворюються при зрошенні поливною водою більше 5 г/дм³ після 55 років зрошення; 6,0–40; 7,0 г/дм³ – після 20 років зрошення.

Чим вищий уміст увібраного магнію у ґрунтах до початку зрошення, вища мінералізація поливної води та більший термін зрошення, тим швидше осолонцюються зрошувані ґрунти за магнієм.

Чим вища сума увібраних основ у ґрунтовому вбирному комплексі (ГВК) до початку зрошення, менша мінералізація поливної води і довший термін зрошення, тим більш значне зниження суми увібраних основ і тим нижча буферна здатність зрошуваних ґрунтів.

Список використаних джерел

1. Буданов М. Ф. Влияние орошения минерализованными водами на почвы / М. Ф. Буданов // Научные труды УкрНИИГиМ. – Киев, 1956. – Вып. 77/3. – С. 77–109.
2. Буданов М. Ф. Влияние продолжительного орошения на почвы массива Камьянский под // Научные труды Камьянско-Днепровской исследовательской мелиоративной станции / М. Ф. Буданов, Г. П. Куденко. – Киев: УАСГН, 1960. – Т. 1. – С. 93–104.
3. Буданов М. Ф. Вплив зрошення на ґрунті та гідрогеологічні умови Інгулецького масиву / М. Ф. Буданов, І. К. Мошинська // Зрошення. – К.: Держспільгоспвидав УРСР, 1962. – Вип. 81/7. – С. 4–27.
4. Буданов М. Ф. Система и состав контроля за качеством природных и сточных вод при использовании их для орошения / М. Ф. Буданов. – К.: Урожай, 1970. – 48 с.
5. Каленюк С. М. Эффективность штучного дренажа в условиях багаторічного зрошення на прикладі Вище-Тарасівської зрошувальної системи / С. М. Каленюк, П. С. Лозовицький // Меліорація і водне господарство. – 2001. – Вип. 87. – С. 91–101.
6. Кириенко Т. Н. Оценка влияния орошения на плодородие черноземов степного Крыма / Т. Н. Кириенко, В. И. Бовсуновский, О. И. Жовтоног и др. // Мелиорация и водное хозяйство. – Киев: Урожай, 1991. – Вып. 74. – С. 3–6.
7. Корж А. М. Динамика засоления почв в условиях орошения / А. М. Корж // Водное хозяйство. – Киев, 1966. – Вып. 6. – С. 79–83.
8. Корж А. М. Осолонцевание почв при орошении минерализованными водами / А. М. Корж // Водное хозяйство. – 1966. – Вып. 4. – С. 113–120.
9. Лозовицький П. С. Изменение свойств темно-каштановой почвы в условиях длительного орошения на Каховской оросительной системе / П. С. Лозовицький // Почвоведение. – 2005. – № 5. – С. 620–633.
10. Лозовицький П. С. Изменение свойств чернозема южного при орошении подземными водами / П. С. Лозовицький // Агрохимия. – 2005. – № 5. – С. 21–33.
11. Лозовицький П. С. Мониторинг гумусного состояния почв Ингулецької оросительної системи / П. С. Лозовицький // Почвоведение. – 2012. – № 3. – С. 336–349.
12. Лозовицький П. С. Влияние горнорудного производства в Криворожском бассейне на химический состав почвенного покрова прилегающих территорий / П. С. Лозовицький, С. М. Каленюк // Почвоведение. – 2002. – № 5. – С. 617–628.
13. Лозовицький П. С. Изменение свойств южных черноземов при длительном орошении минерализованными водами / П. С. Лозовицький, С. М. Каленюк // Почвоведение. – 2001. – № 4. – С. 478–495.
14. Лозовицький П. С. Влияние орошения на свойства и плодородие темно-каштановых почв / П. С. Лозовицький, И. В. Ткаченко // Почвоведение. – 1992. – № 5. – С. 75–85.
15. Лозовицький П. С. Вплив 40-річного зрошення мінералізованою водою на хімічний склад ґрунтового покриву Інгулецького масиву / П. С. Лозовицький // Меліорація і водне господарство. – 2004. – Вип. 91. – С. 193–208.
16. Лозовицький П. С. Вплив зрошення мінералізованою сульфатною натрієвою підземною водою на властивості чорноземів південних міцелярно-карбонатних / П. С. Лозовицький // Водне господарство України. – 2002. – № 5–6. – С. 2–8.
17. Лозовицький П. С. Вплив тривалого зрошення мінералізованою водою на зміну хімічного складу ґрунтового покриву Інгулецького масиву / П. С. Лозовицький // Людина і довкілля. Проблеми неоекології. – 2001. – Вип. 2. – С. 77–85.
18. Лозовицький П. С. Вплив тривалого зрошення слабомінералізованою водою на показники родючості чорноземів південних / П. С. Лозовицький // Вісн. аграрної науки. – 1996. – № 3. – С. 21–26.
19. Лозовицький П. С. Зміна властивостей і показників родючості темно-каштанових ґрунтів під впливом зрошення / П. С. Лозовицький, І. В. Ткаченко // Меліорація і водне господарство. – 1993. – Вип. 79. – С. 3–9.
20. Можейко А. М. Гинсирование солонцеватых каштановых почв УССР, орошаемых минерализованными водами / А. М. Можейко, Т. К. Воронтик // Труды Укр. НИИ почвоведения. – Харьков, 1958. – Т. 3. – С. 111–208.
21. Орошение на Одессине. Почвенно-экологические и агротехнические аспекты / И. Н. Гоголев, Р. А. Баер, А. Г. Кулибабин и др. – Одесса: Элита, 1992. – 436 с.
22. Хруськова Т. Н. Приемлы меліорації почв і води при орошенні чорноземів водою водохранилища Ялпуг / Т. Н. Хруськова, Г. Е. Неміровський // Сб. научн. трудов "Вопросы меліорації почв і води". – Киев: УкрНИИГиМ, 1987. – С. 41–46.
23. Циркуляр № 969 Департамента сільського господарства США. Классификация оросительной воды / сокр. пер. с англ). 1955.

References

1. Budanov M. F. Vlyanye osheny'ya my'neraly'zovannymy' vodamy' na pochvy / M. F. Budanov // Nauchnye trudy UkrNY'Y'GyM. Vypusk 77/3. – Ky'ev. 1956. – S. 77–109.
2. Budanov M. F. Vlyanye prodolzhytel'nogo osheny'ya na pochvy massy'va Kam'yanskyj pod // Nauchnye trudy Kam'yansko-Dneprovskoy y'ssledovatel'skoy melyoraty'vnoy stancy'y' / M. F. Budanov, G. P. Kudenko. – Ky'ev: UASGN, 1960. – T. 1. – S. 93–104.
3. Budanov M. F. Vplyv zroshennya na ґruntovi ta gidrogeologichni umovy Ingulec'kogo masy'va / M. F. Budanov, I. K. Moshyn'ska // Zroshennya, vy'p. 81/7. Derzhsil'gospvy'dav URSR, 1962. – S. 4–27.
4. Budanov M. F. Sy'stema y' sostav kontrolya za kachestvom pry'rodnih y' stochnyh vod pry' y'spol'zovany'y' y'x dlya osheny'ya / M. F. Budanov. – K.: Urozhaj, 1970. – 48 s.
5. Kalenyuk S. M. Efektyvnist' shuchnogo drenazhu v umovax bagatorichnogo zroshennya na pry'kladi Vyshhe-Tarasiv'skoyi zroshuval'noyi sy'stemy' / S. M. Kalenyuk, P. S. Lozovyc'kyj // Melioraciya i vodne gospodarstvo. – 2001. Vy'p. 87. – S. 91–101.
6. Ky'ryenko T. N. Ocenka vlyany'ya osheny'ya na plodorodye chernozemov stepnogo Kryma / T. N. Ky'ryenko, V. Y'. Bovsunovskiy, O. Y'. Zhovtonog, S. V. Gorbatenko // Melyoracya y' vodnoe hozyajstvo. – Ky'ev, Urozhaj, Vyp. 74, 1991. – S. 3–6.
7. Korzh A. M. Dy'namyka zasoleny'ya pochv v uslovy'ax osheny'ya / A. M. Korzh // Vodnoe hozyajstvo, Ky'ev, 1966. – Vyp. 6. – S. 79–83.
8. Korzh A. M. Osoloncevany'e pochv pry' osheny'ya my'neraly'zovannymy' vodamy' / A. M. Korzh // Vodnoe hozyajstvo. – 1966. – Vyp. 4. – S. 113–120.
9. Lozovyc'kyj P. S. Y'zmenenye svojstv temno-kashtanovy' pochvy v uslovy'ax dlytel'nogo osheny'ya na Kahovskoy orosytel'noj sy'steme / P. S. Lozovyc'kyj // Pochvovedenye. – 2005. – # 5. – S. 620–633.
10. Lozovyc'kyj P. S. Y'zmenenye svojstv chernozema yuzhnogo pry' osheny'ya podzemny'my' vodamy' / P. S. Lozovyc'kyj // Agroxy'my'ya. – 2005. – # 5. – S. 21–33.
11. Lozovyc'kyj P. S. Monitoryng gumusnogo sostoyany'ya pochv Y'ngulec'koy orosytel'noj sy'stemy' / P. S. Lozovyc'kyj // Pochvovedenye. – 2012. – # 3. – S. 336–349.
12. Lozovyc'kyj P. S. Vlyanye gornorudnogo proy'zvodstva v Kry'vorozhskom bassejne na xy'my'cheskyj sostav pochvennogo pokrova pry'legayushhy'x terrytorij' / P. S. Lozovyc'kyj, S. M. Kalenyuk // Pochvovedenye. – 2002. – # 5. – S. 617–628.
13. Lozovyc'kyj P. S. Y'zmenenye svojstv yuzhnyh chernozemov pry' dlytel'nom osheny'ya my'neraly'zovannymy' vodamy' / P. S. Lozovyc'kyj, S. M. Kalenyuk // Pochvovedenye. – 2001. – # 4. – S. 478–495.
14. Lozovyc'kyj P. S. Vlyanye osheny'ya na svojstva y' plodorodye temno-kashtanovy'x pochv / P. S. Lozovyc'kyj, Y'. V. Tkachenko // Pochvovedenye. – 1992. – # 5. – S. 75–85.
15. Lozovyc'kyj P. S. Vplyv 40-richnogo zroshennya mineralizovanoj vody na khimichnyj sklad ґruntovogo pokry'vu Ingulec'kogo masy'vu / P. S. Lozovyc'kyj // Melioraciya i vodne gospodarstvo. – 2004. – Vy'p. 91. – S. 193–208.
16. Lozovyc'kyj P. S. Vplyv zroshennya mineralizovanoj sulfatnoy natrijevoj pidzemnoy vodoj na vlasty'vosti chernozemiv pidny'ny'x micelyarno-karbonatny'x / P. S. Lozovyc'kyj // Vodne gospodarstvo Ukrainy'. – 2002. – # 5–6. – S. 2–8.
17. Lozovyc'kyj P. S. Vplyv try'valogo zroshennya mineralizovanoj vody na zminu khimichnogo skladu ґruntovogo pokry'vu Ingulec'kogo masy'vu / P. S. Lozovyc'kyj // Lyudy'na i dovki'lyya. Problemy' neoeologiyi. – 2001. – Vy'p. 2. – S. 77–85.
18. Lozovyc'kyj P. S. Vplyv try'valogo zroshennya slabomineralizovanoj vody na pokazny'ky' rodyuchosti chernozemiv pidny'ny'x / P. S. Lozovyc'kyj // Visnyk agrarnoyi nauky'. – 1996. – # 3. – S. 21–26.
19. Lozovyc'kyj P. S. Zmina vlasty'vostej i pokazny'kiv rodyuchosti temno-kashtanovy'x ґruntiv pid vplyvom zroshennya / P. S. Lozovyc'kyj, I. V. Tkachenko // Melioraciya i vodne gospodarstvo. – 1993. – Vy'p. 79. – S. 3–9.
20. Mozhejko A. M. Gy'psovany'e soloncevatyh kashtanovy'x pochv USSR, oroshayemy' my'neraly'zovannymy' vodamy' / A. M. Mozhejko, T. K. Vorotny'k // Tr. Ukr. NY'Y' pochvovedenyya. – Xark'ov, 1958. – T. 3. – S. 111–208.
21. Osheny'e na Odesshy'ne. Pochvenno-ekologiy'chesky'e y' agrotexny'chesky'e aspekty' / Y'. N. Gogolev, R. A. Baer, A. G. Kuly'baby'n y' dr. – Odessa: Ely'ta, 1992. – 436 s.
22. Xruslova T. N. Pry'emly mely'oracy'y' pochv y' vody pry' osheny'ya chernozemov vodoj vodoxrany'ly'shha Yalpug / T. N. Xruslova, G. E. Nemyrovskiy // Sb. nauchn. trudov "Voprosy mely'oracy'y' pochv y' vody". – Ky'ev: UkrNY'Y'Gy'M, 1987. – S. 41–46.
23. Cy'rkyulyar # 969 Departamenta sel'skogo hozyajstva SShA. Klassy'fy'kacya orosytel'noj vody (sokr. Per. s angl). 1955.

Надійшла до редколегії 18.09.17

П. Лозовицький, канд. техн. наук, старш. науч. сотруд., доц.

Центральна геофізическа обсерваторія імені Бориса Срезневського, Київ, Україна,

А. Молочко, канд. геогр. наук, проф.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ЗАКОНОМЕРНОСТІ СТЕПЕНІ ВТОРИЧНОГО ОСОЛОНЦЕВАННЯ ПОЧВ
АНТРОПОГЕННИХ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЮГА УКРАЇНИ

На основани обобщения и математического моделирования результатов продолжительных многолетних исследований изменения содержания обменных оснований орошаемых почв, установлена эмпирическая зависимость осолонцевания верхнего горизонта автоморфных орошаемых земель в зависимости от минерализации и состава почвенной воды, продолжительности орошения и предложены формулы прогнозирования степени их осолонцевания как по натрию, так и по магнию. Полученные обобщенные результаты

исследований свідчать, що поливна вода з мінералізацією 0,5 г/дм³ викликає слабе осолонцевание високобуферної ґрунту по натрію після 45 років зрошення; 1 – 35; 1,5 – 15; 2 – 7; з мінералізацією 3 г/дм³ і більше – уже в перший рік зрошення. Середня ступінь натрієвого осолонцевания зрошуваних високобуферних ґрунту настає при зрошенні водою з мінералізацією 1,5 г/дм³ після 50 років; 2,0 г/дм³ – 40; 3,0 г/дм³ – 20; 4,0 г/дм³ – 5; з мінералізацією 5,0 г/дм³ і більше – в перший рік зрошення. Сильна ступінь натрієвого осолонцевания зрошуваних високобуферних ґрунту настає при зрошенні водою з мінералізацією 3,0 г/дм³ після 53 років зрошення; 4,0 – 37; 5,0 – 22; 6,0 – 12 років; з мінералізацією 7,0 г/дм³ і більше – в перший рік зрошення. Натрієві солонці на зрошуваних землях утворюються при зрошенні поливною водою більше 5 г/дм³ після 55 років зрошення; 6,0 – 40; 7,0 г/дм³ – після 20 років зрошення. Чем вище вміст поглиненого магнезю в ґрунтах к началу зрошення, вище мінералізація поливної води і більший термін зрошення, тем швидше відбувається осолонцевание зрошуваних ґрунту по магнезю. Чем вище сума поглинутих основаних в ґрунті поглинаючому комплексі к началу зрошення, менша мінералізація поливної води і довший термін зрошення, тем більш значуще зменшення сумми поглинутих основаних і тем нижче буферна здатність зрошуваних ґрунту.

Ключові слова: ґрунтий поглинаючий комплекс, поглинені катиони, ступінь осолонцевания, тривалість зрошення, якість поливної води, база даних, математичне моделювання, кореляційні зв'язки, емпіричні рівняння.

P. Lozovitskii, PhD Technic, Senior Researcher, Associate Professor
CGO by B. Sreznevskiy, Kyiv, Ukraine,
A. Molochko, PhD Geography, Professor
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

REGULARITIES OF DEGREE OF SOIL SECONDARY ALKALINITY OF ANTHROPOGENIC NATURAL-TECHNICAL SYSTEMS SOUTHERN UKRAINE

For the first time on the basis of summarizing and mathematical modeling of the results of long years of research of changes in the content of exchange bases of irrigated soils, conducted by the author and other researchers in the irrigation systems of the south of Ukraine, empirical relationship of the upper horizon alkanization of automorphic irrigated land, depending on the mineralization and composition of irrigation water and the duration of irrigation was established and formula of predicting the extent of their alkanization according both sodium and magnesium was suggested. The obtained summarized results indicate that irrigation water with mineralization up to 0.5 g/dm³ does not cause sodium alkalinity of irrigated soil for 40 years, 1.0 – 30, 1.5 – 15, 2.0 g/dm³ – for 5 years. Irrigation water with mineralization 0.5 g/dm³ causes weak alkalinity of the soil with large amounts of calcium at sodium after 45 years of irrigation; with a salinity of 1 – 35; 1.5 g/dm³ – 15; 2 g/dm³ – 7; with a salinity of 3 g/dm³ and more – already in the first year of irrigation. Average degree of sodium alkalinity of irrigated soil with large amounts of calcium comes in irrigation of water with mineralization 1.5 g/dm³ 50 years; 2.0 g/dm³ – 40; 3.0 g/dm³ – 20; 4.0 g/dm³ – 5; with mineralization 5.0 g/dm³ and more – in the first year of irrigation. Heavy degree of sodium alkalinity highly irrigated soil with large amounts of calcium comes in irrigation of water with mineralization 3.0 g/dm³ after 53 years of irrigation; 4.0 – 37; 5.0 – 22; 6.0 – 12; with mineralization 7.0 g/dm³ and more – in the first year of irrigation. Sodium solonetz on irrigated land are formed under irrigation of irrigation water over g/dm³ after 55 years of irrigation; 6.0 – 40; with mineralization 7.0 g/dm³ – after 20 years of irrigation are. The higher the content of absorbed magnesium in the soil before the irrigation, higher salinity of irrigation water and longer term of irrigation, more quickly irrigated soils are solonetz for magnesium are. The higher amount of absorbed bases in the soil absorbing complex (SAC) before irrigation, lower salinity of irrigation water and longer term of irrigation, the more significant reduction in the amount of absorbed bases and the lower the buffer capacity of irrigated soils are.

It was also made an attempt to map the distribution over time of the qualitative and quantitative indicators of research in the anthropogenic natural and technical systems of the South of Ukraine. At the pre-cartographic stage, the sampling of scales and the calculation of characterizing elements of figures or other visual means were made, which are appropriate to be used in the process of displaying and understanding the content and spatial features of the mapping objects. For this purpose, an analysis of statistical series is carried out and the histograms of distribution of numerical values in the row are constructed in various intervals of the scale.

Key words: soil absorbing complex, absorbed cations, the degree of alkalinity, duration of irrigation, irrigation water quality, database, mathematical modeling, correlations, empirical equation.

<http://doi.org/10.17721/1728-2721.2017.68.4>
УДК 502.3:504.5

Ю. Яценко, асп., О. Шевченко, канд. геогр. наук, доц.,
С. Сніжко, д-р геогр. наук, проф.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

КЛАСИФІКАЦІЯ МІСТ УКРАЇНИ ЗА РІВНЕМ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Метою роботи є дослідження сучасного рівня забруднення атмосферного повітря міст України завислими речовинами, монооксидом вуглецю, двооксидом азоту та формальдегідом для виявлення найзабрудненіших міст, їх ранжування та здійснення класифікації міст за рівнем перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) середніми річними концентраціями вищезазначених речовин для визначення переліку міст для пріоритетного упровадження екологічних заходів.

Для виконання дослідження використано інформацію Центральної геофізичної обсерваторії про строкові та середньорічні концентрації завислих речовин, окису вуглецю, двооксиду азоту й формальдегіду у повітрі міст України (строкові дані за 2013 р., середньорічні – за період 1998–2015 рр.).

Розроблено класифікацію міст за рівнем перевищення ГДК середніми річними концентраціями завислих речовин, окису вуглецю, двооксиду азоту та формальдегіду. Виділено три групи міст для завислих речовин: перша група (26 міст) допустимий рівень забруднення (< 1 ГДК); друга група (15 міст) – підвищений рівень забруднення (1–2 ГДК); третя група (7 міст) – високий рівень забруднення (2–3 ГДК). Для окису вуглецю виділено дві групи міст: перша група (36 міст) допустимий рівень забруднення (< 1 ГДК); друга група (8 міст) – підвищений рівень забруднення (1–2 ГДК). Виділено три групи міст для двооксиду азоту: перша група (21 місто) допустимий рівень забруднення (< 1 ГДК); 2 група (27 міст) – підвищений рівень забруднення (1–2 ГДК); третя група (3 міста) – високий рівень забруднення (2–3 ГДК). Для формальдегіду виділено чотири групи міст: перша група (4 міста) допустимий рівень забруднення (< 1 ГДК); друга група (13 міст) – підвищений рівень забруднення (1–2 ГДК); третя група (12 міст) – високий рівень забруднення (2–3 ГДК); четверта група (13 міст) екстремально-високий рівень забруднення (3–6 ГДК).

Досліджено, яка відсоткова частка днів протягом 2013 р. мала концентрації, які вищі ГДК. Дослідження проведено по шести містам (Севастополь, Маріуполь, Торецьк, Єнакієве, Тернопіль, Ужгород та Київ).

Результати виконаних досліджень можуть стати основою для вибору об'єктів для подальшого поглибленого вивчення та аналізу особливостей формування забруднення повітря в містах України.

Ключові слова: забруднення атмосферного повітря, завислі речовини, двоокис азоту, монооксид вуглецю, формальдегід, перевищення гранично допустимої концентрації.

Вступ. Атмосферне повітря є одним із найважливіших компонентів природного середовища, тому вивченню його якісного стану має приділятися належна

увага. Забруднення повітря посідає перше місце за ступенем хімічної небезпеки для людини. Особливо гостро проблема забруднення атмосферного повітря