

ДИНАМІКА УСАДКИ ДЕРНОВО-ЛІТОГЕННИХ ҐРУНТІВ НА ЧЕРВОНО-БУРИХ ГЛИНАХ ЗА ШАРАМИ

О.В. ЖУКОВ, Г.О. ЗАДОРОЖНА, Т.Ю. БЕЦЬ, І. В. ЛЯДСЬКА

*Дніпропетровський державний аграрний університет,
Кафедра екології та охорони навколишнього середовища
м. Дніпропетровськ, вул. Ворошилова, 25, тел. (056)3742441*

Проаналізована залежність коефіцієнту пористості від вологості дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах. Встановлена залежність усадки дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах від вологості за шарами. Виявлено, що швидкість зміни усадки в залежності від вологості зростає з глибиною. Встановлено, що за індексом лінійної усадки ($COLE_{STD}$) досліджувані техноземи характеризуються середньою (шари 0-10 см; 30-40 см), високою (шари 10-20 см, 60-70 см, 70-80 см) та дуже високою усадкою (шари 20-30 см, 40-50 см, 50-60 см, 80-90 см, 90-100 см).

Ключові слова: усадка ґрунту, просторовий розподіл властивостей ґрунту, пористість

Вступ . У статті 52 Закону України «Про охорону земель» визначено, що рекультивациі підлягають землі, які зазнали змін у структурі рельєфу, екологічному стані ґрунтів і материнських порід та в гідрологічному режимі внаслідок проведення гірничодобувних, геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт.

Рекультивациа порушених земель повинна здійснюватись у два послідовних етапи технічний та біологічний, відповідно з вимогами ГОСТ 17.5.1.01 - 83. Технічний етап рекультивациі передбачає формування елементарного техногенного ландшафту. Біологічний етап рекультивациі включає комплекс агротехнічних і фітомеліоративних заходів по відновленню родючості порушених земель.

Багаторічні дослідження процесу рекультивациі земель свідчать про зміну фізичних властивостей техноземів, а саме водопроникненості, щільності та пористості з часом. У результаті циклічності періодів «зволоження-висихання», «набухання-усадка» та «заморожування-відтаювання» на рекультивованих землях відбувається утворення тріщин сезонної деформації (Демидов и др., 2013).

При зволоженні відбувається збільшення (набухання) об'єму ґрунту, при висиханні навпаки – зменшення об'єму (усадка). Здатність до набухання-усадки перш за все визначається домінуючим вмістом глинистої фракції (Davidson and Page, 1956; Greene-Kelley, 1974; Nettleton and Brasher, 1983; Erguler and Ulusay, 2003; Kariuki and van der Meer, 2004). Молекули води розтікають рухливу решітку філосилікатів у глинистих фракціях та легко вклинюються у її простір (Vaught, and el.).

На можливість ґрунту до набухання-усадки та ступень виразності явища впливають багато ін-

ших процесів та властивостей ґрунту, таких як хіміко-мінералогічний склад ґрунту, структурно-текстурні особливості, початкова щільність і вологість, склад і концентрація розчину шпар, обмінні катіони, кількість і склад органічної речовини ґрунту. (Шейн, Коллективная монограф; Ross, 1978; Smith et al., 1985; Azam et al., 2000), а також вміст заліза (Davidson, Page, 1956). При динамічних змінах ступеня зволоження та, як наслідок, усадки та ущільнення ґрунту змінюється не тільки загальний об'єм шпар, але і диференціальна пористість (або відношення шпар різної категорії). Зміна співвідношення шпар відбувається за рахунок зменшення обсягу капілярної пористості та шпаруватості аерації (Татаринцев, 2005).

Метою даної роботи було дослідження закономірності усадки дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах в градієнті вологості та встановлення зв'язку між пористістю ґрунту та ступенем наявної вологості ґрунту та початкової вологості ґрунту, який висох.

Об'єкт і методи. Проби техноземів відібрані у жовтні 2012 року на науково-дослідному стаціонарі Дніпропетровського аграрного університету в м. Орджонікідзе. Відбір проб проведений на варіанті техноземів, сформованих на червоно-бурих глинах. Експериментальна ділянка по вивченню оптимальних режимів сільськогосподарської рекультивациі була створена у 1968 – 1970 р. Відбір проб зроблений на варіанті техноземів, сформованих на червоно-бурих глинах (географічні координати південно-західного кута полігона – 47°38'55.24"С. Ш., 34°08'33.30"В. Д.). На ділянці з 1995 до 2003 р. виростав багаторічний бобово-злаковий агрофітоценоз, після чого почався процес натуралізації рослинного покриву.

Усадку ґрунту при висиханні вимірювали за О. Ф. Вадюніною та З. О. Корчагіною (1986). Ґрунтові зразки відбирались від поверхні ґрунту з інтервалом 10 см до глибини 1 м. Ґрунт, просіяний через сито 1 мм, дистильованою водою доводили до вологості від 16 до 64 %. Для кожного шару ґрунту було створено по 10 рівнів вологості. Одержане значення вологості точно визначалось після висушування зразка в сушильній шафі. Ґрунтову пасту різного ступеню вологості вносили в циліндричні форми (кришки від ґрунтових бюксів) відомих розмірів та об'єму, які були попередньо змащені з внутрішньої сторони тонким шаром вазеліну. Верхній шар ґрунтової пасти робили плоским у рівень з формою. Форми знаходились добу герметично закритими целофановою плівкою для набухання, після чого плівку знімали, а ґрунтова паста знову вирівнювалась по формі. Після поступового висушування в лабораторії зразки додатково висушувалися в сушильній шафі при 105°C протягом 5 годин. Розмір ґрунтових зразків після усадки вимірювали штангенциркулем. Переважна більшість зразків після висушування мала форму, близьку до циліндричної, що не викликало труднощів з вимірюванням та обрахуванням об'єму за даними по діаметру та висоті циліндру по відомій формулі:

$$V = \pi \frac{d^2}{4} h,$$

де d та h – відповідно діаметр та висота циліндру.

При певних початкових рівнях вологості після висушування зразки приймали лінзоподібну форму. Лінза складається з циліндру та двох кульових сегментів з об'ємом:

$$V = \frac{1}{3} \pi (h_{\max} - h_{\min})^2 \left(\frac{1}{2} (h_{\max} - h_{\min}) + \frac{3}{16} \frac{d^2}{(h_{\max} - h_{\min})} \right),$$

де d – діаметр, h_{\max} – найбільша висота форми, h_{\min} – найменша висота форми, яка відповідає циліндричній частині лінзи. Відповідно, об'єм лінзоподібної форми складається з об'єму циліндричної частини та двох об'ємів кульових сегментів.

Визначення диференціальної шпаруватості проводили за Качинським (Вадюніна, Корчагіна, 1986). Щільність твердої фази визначали пікнометричним методом.

Вологість виражали у відсотках ваги води від ваги сухого ґрунту.

Коефіцієнт пористості – відношення загального об'єму пор до об'єму твердої фази ґрунту:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_b}{\rho_b},$$

де ρ_s та ρ_b – щільність твердої фази ґрунту та щільність ґрунту відповідно.

Усадку ґрунту визначали як відношення коефіцієнту пористості у вологому стані та після висушування:

$$S = e_w / e_d,$$

де e_w та e_d – коефіцієнти пористості вологого та сухого ґрунту відповідно.

Індекс лінійної усадки в більшості посібників позначається як $COLE_{STD}$ (Coefficient Of Linear Extensibility), його визначали за формулою:

$$COLE_{STD} = 100 \left[\left(\frac{\rho_{b_н\acute{o}o}}{\rho_{b_330}} \right)^{1/3} - 1 \right],$$

де $\rho_{b_сух}$ – щільність ґрунту у сухому стані; ρ_{b_330} – щільність ґрунту при капілярно-сорбційному тиску води близько – 330 см водн. ст., що відповідає, на думку багатьох іноземних дослідників, величині найменшої вологоємності (НВ). Величина найменшої вологоємності залежить від щільності. У даному дослідженні для розрахунку індексу лінійної усадки обирали максимальну щільність ґрунту.

Нижче наведений морфологічний опис дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах. Варіант насипного шару суглинку на порушену ділянку із знятим верхнім шаром родючого ґрунту (рис. 1). Насипка потужністю близько 21 м.

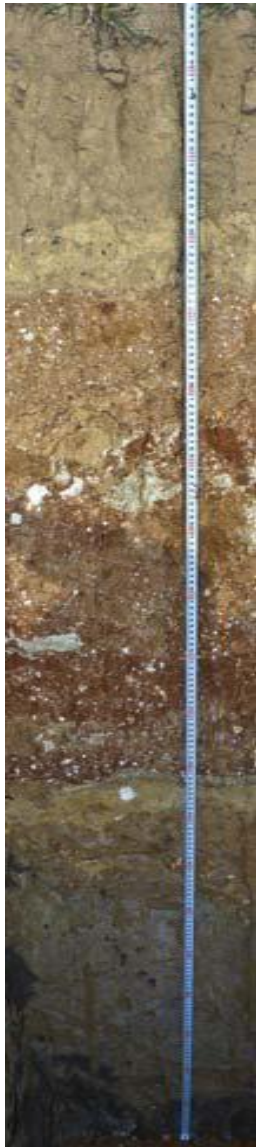
Результати досліджень та їх обговорення.

Нами встановлено, що коефіцієнт пористості головним чином залежить від вологості техноземів (рис. 1).

Аналіз одержаних даних свідчить про те, що для всіх шарів ґрунту (крім шару 30-40 см) залежність пористості від вологості не може бути описана лінійною моделлю. На відповідній кривій спостерігається мінімум, який відповідає діапазону вологості 30–45 % залежно від шару технозему.

При зволоженні ґрунту від сухого стану до вказаного рівня відбувається зменшення пористості через набухання глинистого ґрунту. При подальшому збільшенні вологості ґрунту для досліджуваних шарів спостерігається поступове збільшення коефіцієнту пористості за рахунок фізичного збільшення простору шпар водою.

Одержані дані говорять про те, що шпаруватість ґрунту після повного висихання залежить від початкової вологості. У сухому стані коефіцієнт пористості ґрунту різко зменшується при зміні початкової вологості від найменшої дослідженої вологості до 32–50 %. При діапазоні початкової вологості більшої за вказаний рівень екстремуму для досліджуваних шарів техноземів виявлено незначне збільшення коефіцієнту пористості (крім горизонтів 50-60 см, 80-90 см).



НРt 0-8 см: Червоно-бурий суглинок, рівномірний по всьому профілю за кольором і складом, досить рихлий, пухкий із домішками зерен білозірки. Трапляються механічні домішки дрібних камінців. Густо пронизаний тоненькими корінцями трав. Тріщинуватість на підсохлих стінках. Бурхливе скипання. Перехід до наступного горизонту малопомітний за збільшенням щільності.

Рht 8-28 см: Червоно-бурий суглинок. Більш щільний ніж попередній горизонт. Слабо виражена пилювато-зерниста структура. Білозірка по всьому профілю. Виражена тріщинуватість, коренів менше, ніж у попередньому горизонті, багато відмерлих. Скипання бурхливе. Перехід до наступного горизонту за зміною кольору.

Pt₁ 28-43 см: Червоно-бурий суглинок, значно світліший від попереднього горизонту із значним включенням ясно-сірої безструктурної глини і білозірки, розсипчастий, тріщинуватий, окремі агрегати мають слабо виражену грудкувато-крупнозернисту структуру.

Pt₂ 43-96 см: Червоно-бурий безструктурний суглинок, світліший, ніж у попередньому горизонті з вираженою тріщинуватістю. Пістрявість незначна із за механічних домішок світло-сірої глини; коренів дуже мало, здебільш відмерлих. Значна щільність і липкість. Бурхливе скипання. Перехід до наступного горизонту чіткий за зміною кольору.

Pt₃ 96-155 см: Щільна червоно-бура глина, безструктурна, однорідна за кольором із білозіркою на стінках, масна на дотик, значно світліша, ніж у попередньому горизонті. Поодинокі вертикально-орієнтовані корені трав до 140 см глибиною. Бурхливе скипання. Перехід до наступного горизонту чіткий за зміною кольору.

Pt₄ 155–205 см: Червоно-бура глина, безструктурна, масна, слизька на дотик з важким гранулометричним складом. Виражена білозірка, значні домішки темно-сірої щільної глини. Механічні домішки гумусового ґрунту діаметром 3-4 см. Бурхливе скипання.

Рис.1 Ґрунтовий профіль дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах

Fig.1 Soil profile of the sod-litogenic soils on the red-brown clay

Діагноз: дерново-літогенний ґрунт на червоно-бурій глині карбонатний слаборозвинений слабогумусований глинистий.

Необхідно відмітити, що криві залежності коефіцієнтів пористості від вологості ґрунту та початкової вологості сухого ґрунту (крім шару 30-40 см) подібні за формою одна з одною, це свідчить про можливість ґрунту записувати, накопичувати та відновлювати інформацію про свій попередній стан (Таргульян, Горячкин, 2008).

За значенням усадки встановлено, що у техноземах по шарах залежність усадки від вологості має сигмоподібний характер (шари 0-10 – 40-50 см, 70-80 см, 90-100 см); експоненційний – шар 50-60 см, 80-90 см; лінійний – шар 60-70 см (рис. 3).

Сигмоподібна модель найбільш повно відображає залежність усадки від вологості. Вона відображає такі характерні риси залежності, як наявність платоподібних ділянок при малих та великих рівнях зволоження, коли зміни вологості мало відбиваються на рівні усадки. Також сигмоподібна модель має ділянку, в межах якої залежність між усадкою та вологістю стає майже лінійною. Очевидно, що лінійна та експоненціальні моделі є частковими випадками більш повної сигмоподібної моделі.

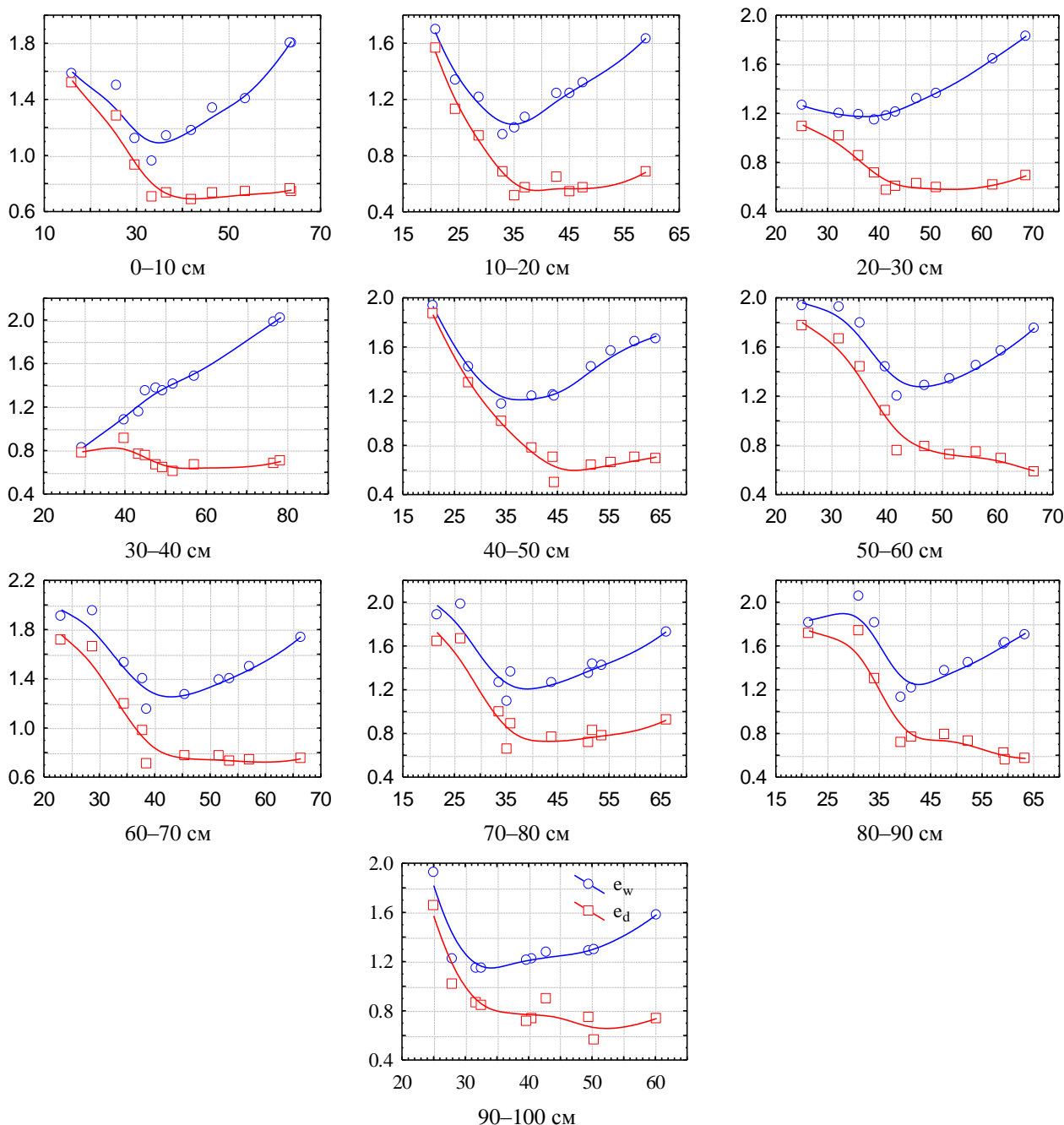


Рис. 2. Залежність коефіцієнту пористості e від вологості ґрунту та початкової вологості сухого ґрунту.

Умовні позначки: по осі абсцис – вологість ґрунту, % або вологість початкових умов, %; по осі ординат – коефіцієнт пористості e : e_w – у вологому стані; e_d – у сухому стані.

Fig. 2. The dependence of the porosity coefficient e from the soil water content and start soil water content.

Legend: x-line – soil water content, % or starting soil water content, %; y-line – porosity coefficient e : e_w – humid state; e_d – dry state.

У результаті досліджень виявлено, що шар 0-10 см дерново-літогенних ґрунтів на червонобурих глинах характеризується середньою усадкою. Специфічною є середня усадка ґрунту для шару 30-40 см. Для шарів ґрунту 10-20 см, 60-70 см, 70-80 см та 20-30 см, 40-50 см, 50-60 см, 80-

90 см, 90-100 см характерна висока та дуже висока усадка ґрунту відповідно. У даних шарах ґрунту при зменшенні вологості спостерігається приріст міжагрегатного (тріщинного) простору. Такі тріщини візуально спостерігаються за даними шарами технозему.

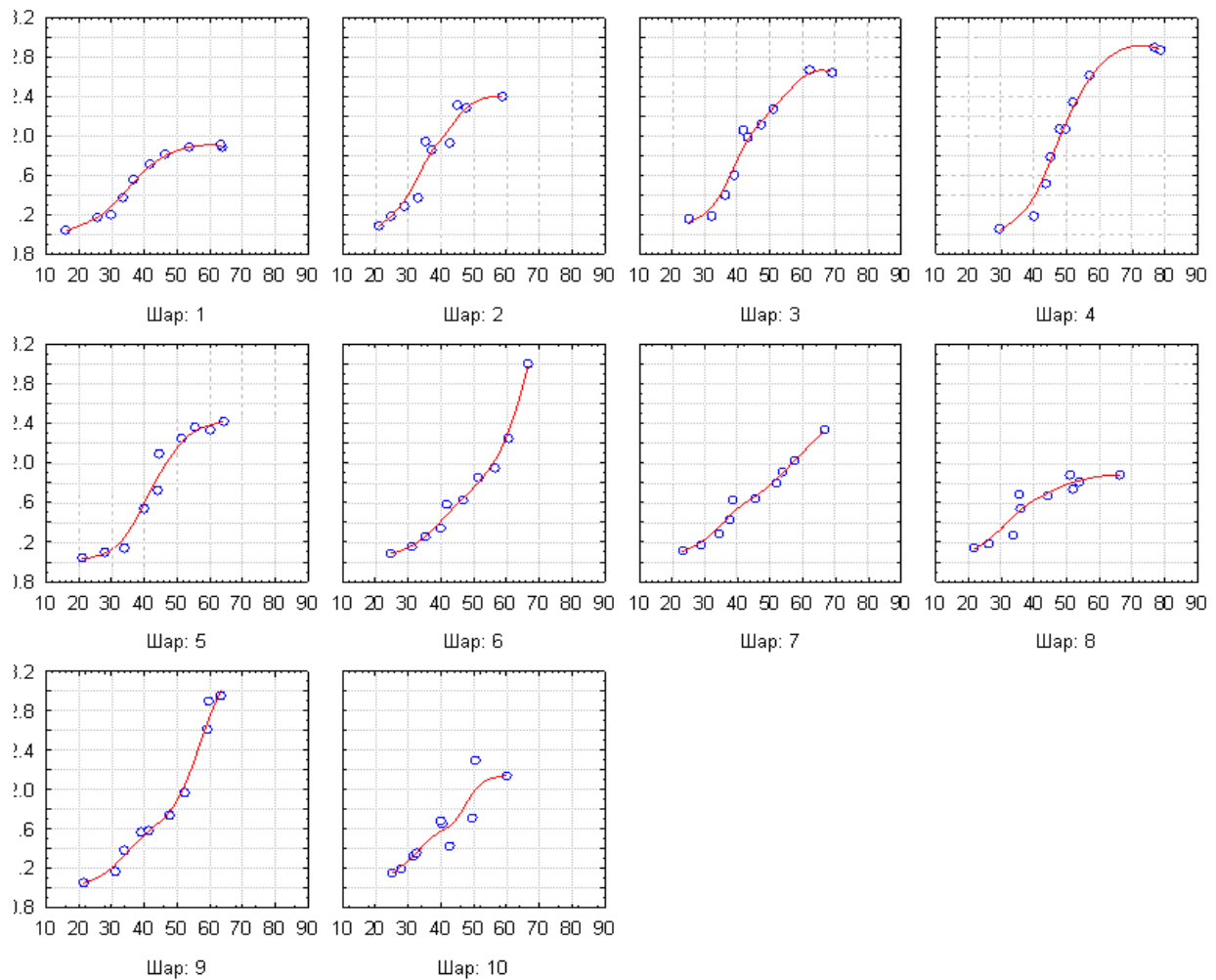


Рис. 3. Залежність усадки ґрунту від вологості.

Умовні позначки: Шар 1 – 0–10 см; шар 2 – 10–20 см; шар 3 – 20–30 см; шар 4 – 30–40 см; шар 5 – 40–50 см; шар 6 – 50–60 см; шар 7 – 60–70 см; шар 8 – 70–80 см; шар 9 – 80–90 см; шар 10 – 90–100 см.

Fig. 3. Soil shrinkage dependence from soil water content.

Legend: Layer 1 – 0–10 sm; layer 2 – 10–20 sm; layer 3 – 20–30 sm; layer 4 – 30–40 sm; layer 5 – 40–50 sm; layer 6 – 50–60 sm; layer 7 – 60–70 sm; layer 8 – 70–80 sm; layer 9 – 80–90 sm; layer 10 – 90–100 sm.

Таблиця 1

Оцінка усадки ґрунту за шарами

Table 1

Assessment of the layer soil shrinkage

Шар ґрунту	$\rho_{b_сух}$, г/см ³	Вологість, при якій спостерігається максимальна щільність, %	$\rho_{b_вол}$, г/см ³	$COLE_{STD}$	Усадка ґрунту
0-10 см	1,58	41,90	1,36	5,13	середня
10-20 см	1,76	35,30	1,37	8,71	висока
20-30 см	1,68	49,01	1,25	10,35	дуже висока
30-40 см	1,67	51,91	1,46	4,58	середня
40-50 см	1,78	44,35	1,25	12,5	дуже висока
50-60 см	1,69	66,71	1,21	11,78	дуже висока
60-70 см	1,57	38,48	1,25	7,89	висока
70-80 см	1,62	35,11	1,29	7,89	висока
80-90 см	1,71	59,52	1,27	10,42	дуже висока
90-100 см	1,71	50,36	1,26	10,71	дуже висока

У таблиці 1 наведена класифікація досліджуваних шарів техноземів за індексом лінійної усадки ($COLE_{STD}$) (Dasog et al, 1988).

Висновки. Аналіз залежності коефіцієнту пористості від вологості дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах за шарами дозволив встановити рівень вологості при якому спостерігається мінімальна шпаруватість ґрунту. Цей рівень знаходиться у діапазоні 30–45 %. При збільшенні вологості ґрунту від сухого стану до встановленого рівня відбувається зменшення пористості. Після повного висихання ґрунту шпаруватість виявляє залежність від початкової вологості.

Отримані дані про усадку дерново-літогенних ґрунтів на червоно-бурих глинах, за індексом лінійної усадки $COLE_{STD}$ показали, що досліджувані техноземи характеризуються середньою (шар 0-10 см, 30-40 см), високою (шар 10-20 см, 60-70 см, 70-80 см) та дуже високою (шар 20-30 см, 40-50 см, 50-60 см, 80-90 см, 90-100 см) усадкою.

Криві залежності коефіцієнтів пористості від вологості ґрунту та початкової вологості сухого ґрунту подібні, це свідчить про можливість ґрунту записувати, накопичувати та відновлювати інформацію про свій попередній стан.

Список літератури

1. Память почв: почва как память биосферно-геосферно-антропоферных взаимодействий / отв. ред. В. О. Таргульян, С. В. Горячкин. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 692 с.
2. Пространственная агроэкология и рекультивация земель: монография / [Демидов А. А., Кобец А. С., Грищан Ю. И., Жуков А. В.]. – Днепропетровск : Изд-во «Свидлер А.Л.», 2013. – 560 с.
3. Татаринцев Л.М. Природная динамика физических и теплофизических свойств почв. / Л.М. Татаринцев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2005. – №3 (19). – С. 36-41.
4. Теории и методы физики почв. Коллективная монография / под. ред. Е.В. Шеина и Л.О. Карпачевского. – М.: «Гриф и К», 2007. – 616 с.
5. Шеин Е. В. Курс физики почв: Учебник / Е. В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
6. Azam, S. Effects of Calcium Sulfate on Swelling Potential of an Expansive Clay / S. Azam, S. N. Abduljawwad, N. A. Al-Shayea and al. // Geotechnical Testing Journal. – December, 2000. – Vol. 23, № 4, – P. 389-403.
7. Dasog, G. S. Shrink-swell potential and cracking in clay soils of Saskatchewan / G. S. Dasog, D. F. Action, A. R. Mermut, E. De Long // Canadian Journal of Soil Science. – 1988. – V. 68. – P. 251–260.
8. Davidson, S.E. Factors influencing swelling and shrinking in soils / S. E. Davidson, J. B. Page // Soil Science Society of American Journal. – 1956. – Vol. 20, № 3. – P. 320-324.
9. Erguler, Z.A. A simple test and predictive models for assessing swell potential of Ankara (Turkey) clay / Z.A. Erguler., R. Ulusay // Engineering Geology. – 2003. – V. 67. – P. 331–352.
10. Greene-Kelley, R. Shrinkage of clay soils: A statistical correlation with other soil properties / R. Greene-Kelley // Geoderma – 1974. – V. 11. – P. 243–257.
11. Kariuki, P.C. A unified swelling potential index for expansive soils / P.C. Kariuki, F. van der Meer // Engineering Geology. – 2004. – V. 72. – P. 1–8.
12. Nettleton, W.D. Correlation of clay minerals and properties of soils in the western United States / W.D. Nettleton, B.R. Brasher // Soil Science Society of American Journal. – 1983. – Vol. 47, № 3. – P. 1032–1036.
13. Ross, G.J. Relationships of specific surface area and clay content to shrink-swell potential of soils having different clay mineralogical compositions / G. J. Ross // Canadian Journal of Soil Science. – 1978. – V. 58 (2). – P. 159–166.
14. Smith, C.W. Shrinkage Atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel / C. W. Smith, A. Hadas, J. Dan, H. Koyumdjisky // Geoderma. – April, 1985. – V. 35. – P. 47–65.

DYNAMICS OF THE SHRINKAGE OF THE SOD-LITHOGENIC SOILS ON THE RED-BROWN CLAYS OVER THE LAYERS

A.V. Zhukov, G. O. Zadorozhnaya, T.U. Bets, I. V. Lyadskaya

The dependence of the coefficient of porosity from moisture of the sod-lithogenic soils on red-brown clay has been analyzed. The dependence of shrinkage of sod-lithogenic soils on the red-brown clays from the moisture over the layers has been established. We identify that change of shrinkage depending from moisture increases with depth. We established that by the index of linear shrinkage ($COLE_{STD}$) studied technozemy are characterized middle (layers 0-10 cm, 30-40 cm), high (layers 10-20 cm, 60-70 cm, 70-80 cm) and very high shrinkage (layers 20-30 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 80-90 cm, 90-100 cm).

Keywords: Shrinkage soil, soil properties spatial distribution, porosity