

**S. A. Balyuk, Dr. Sci. (Agric.), Professor**

**L. I. Vorotyntseva, Cand. Sci. (Agric.)**

**M. A. Zakharova, Cand. Sci. (Agric.)**

**A. A. Nosonenko, Cand. Sci. (Agric.)**

*National Scientific Center «Institute of Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky», Kharkiv, e-mail: Vorotyntseva\_Ludmila@ukr.net*

### **TRANSFORMATION OF THE SOIL PROPERTIES IN THE DRY STEPPE UNDER CLIMATE ARIDIZATION**

*The aim of the research is study the effect of climate aridization on the properties of soils in the Steppe Dry zone. The object of research is dark chestnut soils (rainfed and irrigated). During the research methods of synthesis, analysis of retrospective data of long-term monitoring investigations in the Steppe Dry zone were used. Climate warming is accompanied first of all by changes in the temperature and water regimes of the soil, which affect the directivity of elementary soil processes, physical, physico-chemical and microbiological properties.*

*The analysis of the retrospective data of the salt composition of the dark chestnut soils of the Steppe Dry zone. They differ the degree of hydromorphism and the nature of use (irrigation, without irrigation). It is established that the climate aridization can lead to the activation of salinization processes primarily in hydromorphic and semihydromorphic soils due to the close occurrence of mineralized groundwater and the upward migration of salts.*

*On the base of the retrospective data analysis of the salt composition of the dark chestnut soils of the Dry Steppe zone of different degrees of hydromorphism and the nature of the use (irrigation, without irrigation), it can be predicted that the aridization of the climate can lead to the activation of salinization processes primarily in hydromorphic and pyruvic hydromorphic soils due to close lying mineralized groundwater and upward migration of salts.*

*As a result of long-term irrigation of fresh water by the 1st class in dark chestnut soils a process of demineralization and dealkalinization. In the soil layers 0-25, 25-50 cm, the content of sodium and potassium decreased with 4.7 % to 3.4 % (0-25 cm layer) from the sum of the absorbed cations and from 3.3 % to 2.7 % (a layer of 25-50 cm).*

*Aridity of the climate is the cause of the imbalance of essential nutrients and microelements in the soil. It affects on their availability for plants and determines the yield of cultivated crops.*

*Among the cardinal measures to optimize and stabilize of agricultural production is irrigation. The area of irrigated land should be increased in the arid climate. The yield increase on irrigation were: winter wheat - 17.6-*

25.3 c/ha, winter barley - 19.9-22.3 c/ha, spring barley - 10.1-17.2 c/ha, sunflower - 13.7-15.1 c/ha, soybean - 15.1-21.4 c/ha.

**Keywords:** climate, dark chestnut soil, salinity, solonetzation, soil properties, crops productivity.

УДК 631.4

**С. А. Балюк, д-р с.-х. наук, профессор**

**Л. И. Воротинцева, канд. с.-х. наук**

**М. А. Захарова, канд. с.-х. наук**

**А. А. Носоненко, канд. с.-х. наук**

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского», г. Харьков, e-mail: Vorotyntseva\_Ludmila@ukr.net*

## **ТРАНСФОРМАЦИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ СТЕПИ СУХОЙ В СВЯЗИ С АРИДИЗАЦИЕЙ КЛИМАТА**

*Цель исследований – изучение влияния аридизации климата на свойства почв зоны Степи Сухой. Объект исследований – темно-каштановые почвы (неорошаемые и орошаемые). На основании анализа ретроспективных данных солевого состава темно-каштановых почв зоны Степи Сухой различной степени гидроморфизма и характера использования (орошение, без орошения), можно сделать прогноз, что аридизация климата может привести к активизации процессов засоления, прежде всего, в гидроморфных и полугидроморфных условиях. В результате долгосрочного орошения пресными водами I класса в темно-каштановых почвах развивается процесс рассоления и рассолонцевания. При оптимальных условиях увлажнения в результате орошения степень природной солонцеватости и содержание солонцующих катионов в темно-каштановой почве (слои 0-25 и 25-50 см) снизился: с 4,7 % до 3,4 % и с 3,3 % до 2,7 % от суммы поглощенных катионов соответственно.*

*Засушливость климата является причиной дисбаланса основных питательных веществ и микроэлементов в почве, влияет на доступность их для растений и определяет урожайность выращиваемых культур.*

**Ключевые слова:** климат, темно-каштановая почва, засоление, осолонцевание, свойства почвы, урожайность сельскохозяйственных культур.

С. А. Балюк, д-р с.-г. наук, професор

Л. І. Воротинцева, канд. с.-г. наук

М. А. Захарова, канд. с.-г. наук

О. А. Носоненко, канд. с.-г. наук

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського», м. Харків, e-mail: Vorotyntseva\_Ludmila@ukr.net*

## **ТРАНСФОРМАЦІЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ СТЕПУ СУХОГО У ЗВ'ЯЗКУ З АРИДИЗАЦІЄЮ КЛІМАТУ\***

*Мета – дослідження впливу аридизації клімату на властивості ґрунтів зони Степу Сухого. Об'єкт досліджень – темно-каштанові ґрунти (незрошувані і зрошувані). На підставі аналізу ретроспективних даних сольового складу темно-каштанових ґрунтів зони Степу Сухого різного ступеня гідроморфізму та характеру використання (зрошення, без зрошення) можна зробити прогноз, що аридизація клімату може призвести до активізації процесів засолення, перш за все, в гідроморфних і напівгідроморфних ґрунтах. З'ясовано, що за довгострокового зрошення прісними водами I класу в темно-каштанових ґрунтах розвивається процес розсолення та роз солонцювання; за оптимальних умов зволоження внаслідок зрошення ступінь природної солонцюватості та вміст солонцюючих катіонів у ґрунті знизився: з 4,7 % до 3,4 % (шар 0-25 см) і з 3,3 % до 2,7 % (шар 25-50 см) від суми увібраних катіонів.*

*Констатується, що посушливість клімату є причиною дисбалансу основних поживних речовин та мікроелементів у ґрунті, яка впливає на доступність їх для рослин та впливає на врожайність вирощуваних культур.*

**Ключові слова:** *клімат, темно-каштановий ґрунт, засолення, осолонцювання, властивості ґрунту, урожайність сільськогосподарських культур.*

**Вступ.** За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО) і Глобального ґрунтового партнерства, у зв'язку з посиленням антропогенного навантаження на ґрунти, незбалансованим землекористуванням, зростанням площ деградованих земель, кліматичними змінами і на глобальному рівні, і на національному найбільш актуальним та пріоритетним напрямом дій є забезпечення стійкого управління ґрунтовими

---

\*Публікація містить результати досліджень, проведених за грантової підтримки Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф 76-101/2017

ресурсами з метою охорони та збалансованого їх використання, досягнення нейтрального рівня деградації, адаптації сільського господарства до посушливості клімату для забезпечення продовольчої безпеки країни.

Актуальність проблеми агрокліматичної еволюції ґрунтів та адаптації землеробства до змін клімату в умовах погіршення водного режиму ґрунту, дефіциту вологи і зміни теплового режиму ґрунту є надзвичайно високою сьогодні і за наявними прогнозами зростатиме у подальшому. Тому вкрай необхідним є проведення фундаментальних досліджень з вивчення впливу змін клімату як одного із провідних чинників ґрунтоутворення на показники родючості, еволюцію ґрунтів, продуктивність сільськогосподарських культур для зниження ризику розвитку деградаційних процесів, розробки заходів агрокліматичної адаптації та сталого управління ґрунтовими ресурсами.

Посушливість клімату за певних умов може призвести до розвитку процесу опустелювання – зміни у бік аридизації ґрунтового покриву і екосистеми загалом, тобто зменшення здатності геосистеми забезпечувати рослинність та інші організми продуктивними запасами води (Розанов, 1981), що загрожує досягненню глобальної продовольчої безпеки і сталому розвитку. У 1992 р. було прийнято Рамочну конвенцію Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату, що стала першим кроком на шляху до вирішення проблеми зміни клімату, розроблено Стратегію боротьби зі змінами клімату. ФАО сприяє країнам з метою пом'якшення та адаптації до наслідків змін клімату за допомогою чисельних проєктів і програм за такими напрямками: аналіз, моделювання та картографування наслідків змін клімату; оцінка стійкості сільського господарства до негативних змін; інтеграція агровиробництва в національні плани адаптації через відповідні програми з метою забезпечення продовольчої безпеки; адаптація іригації до змін клімату (Изменение...) Перспективним є впровадження «кліматично оптимізованих» підходів у сільському господарстві, які засновані на визнанні тісного взаємозв'язку між сталим сільським господарством і стратегіями, які сприяють раціональному використанню ресурсів, збереженню та відновленню біорізноманіття, природних ресурсів, а також борються зі зміною клімату (ФАО...).

**Об'єкт і методи досліджень.** **Об'єкт досліджень** – процеси впливу кліматичних чинників на показники родючості ґрунтів зони Степу Сухого України – темно-каштанові ґрунти – незрошувані і зрошувані із Каховського магістрального каналу (прісною водою 1 класу) та Інгулецької зрошувальної системи (мінералізованою водою 2 класу). Зрошувані ґрунти було обрано за об'єкт-порівняння. У ході досліджень застосовували методи синтезу, аналізу ретроспективних даних довгострокових моніторингових спостережень у зоні Степу Сухого.

**Результати.** За В. В. Докучаєвим, клімат є одним із провідних чинників ґрунтоутворення, географічного поширення ґрунтів та їх еволюції, енергетичною складовою ґрунтових процесів. Клімат як екологічний фактор визначає

розвиток біологічних, хімічних, фізичних та інших процесів в утворенні і житті ґрунту як біокосного тіла. Ґрунт як природне утворення розвивається у просторі і часі під впливом ґрунтоутворного процесу, хід якого змінюється за відносно стабільних умов, а також у разі зміни чинників ґрунтоутворення. У зв'язку зі змінами клімату (температури повітря, кількості опадів, їх розподілу протягом року) і в минулому, і в теперішній час, вивчення напрямків еволюції зональних типів ґрунтів є однією із основних проблем ґрунтознавства.

Ґрунт є природним утворенням, яке інтегрально відображає через певні властивості й ознаки кліматичні, літологічні, геоморфологічні, геохімічні, біологічні, гідрологічні та інші умови їх формування і розвитку. Опинившись у похованому стані, ґрунтовий профіль тисячоліттями зберігає «палеоекологічну пам'ять» (Кудеяров, 2009). За даними (Дидух, 2009), підвищення температури лише на 1°C може призвести до зрушення широтних меж природних зон на 160 км, а за максимального потепління – на 350-400 км.

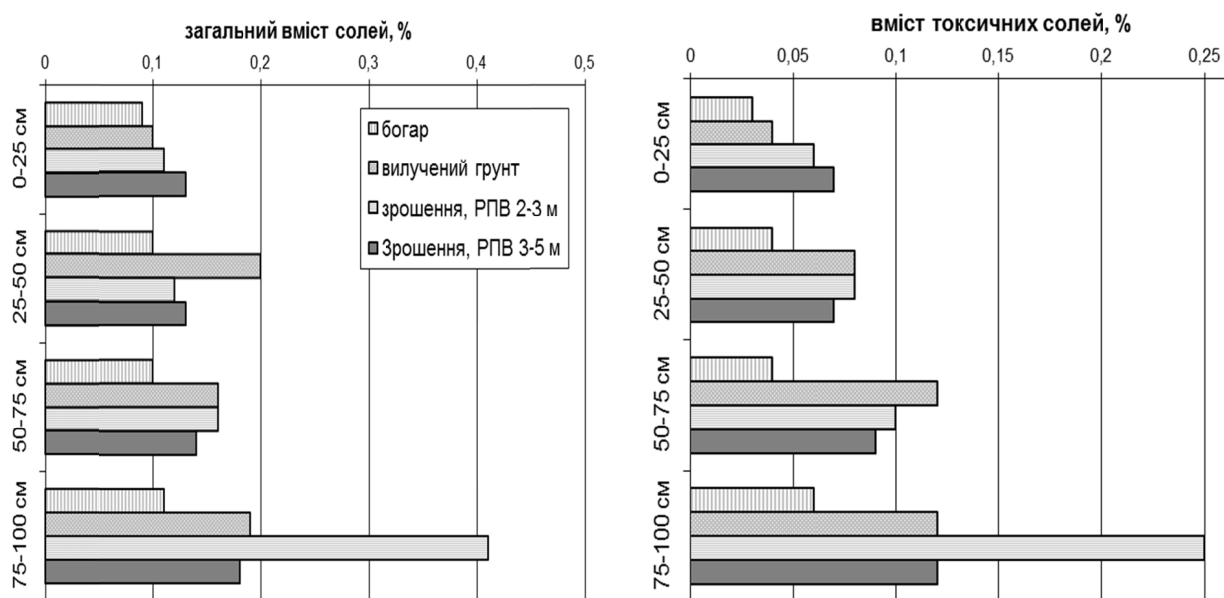
У зв'язку з кліматичними змінами розробляються дві стратегії: стратегія пом'якшення – спрямована на розробку заходів зі зменшення емісії парникового газу і збільшення стоку вуглецю та адаптивна стратегія – пристосування агроecosystem до змін клімату, що дозволяє мінімізувати негативний вплив.

Потепління клімату супроводжується перш за все зміною температурного і водного режимів ґрунту, які впливають на спрямованість того чи іншого процесу ґрунтоутворення, фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні властивості, перебіг ґрунтово-біологічних процесів. Відбувається зменшення глибини сезонного промерзання ґрунту і тривалості знаходження його у мерзломому стані.

Проведено аналіз ретроспективних даних сольового складу темно-каштанових ґрунтів зони Степу Сухого різного ступеня гідроморфізму та різного характеру використання (зрошення, без зрошення), на підставі якого можна зробити прогноз, що аридизація клімату може призвести до активізації процесів засолення перш за все в гідроморфних і напівгідроморфних ґрунтах унаслідок близького залягання мінералізованих підґрунтових вод та висхідної міграції солей за зрошення обмежено придатними водами. Отримані результати підтверджуються аналогічними дослідженнями ґрунтів інших аридних регіонів (Панкова, 2013). Незрошуваний темно-каштановий ґрунт (автоморфні умови), що не зазнавав меліоративних навантажень, відрізнявся більш низьким умістом токсичних солей у верхньому метровому шарі – 0,03-0,06 % (незасолений).

За зрошення темно-каштанового ґрунту мінералізованою водою з Інгулецького каналу відбулося підвищення концентрації водорозчинних солей та міграція їх з низхідними потоками води вглиб за профілем (рис. 1). За глибини залягання підґрунтових вод 2-3 м горизонт акумуляції солей у лучно-каштановому ґрунті сформувався на глибині 75-100 см (Воротинцева, 2017). За більш глибокого рівня підґрунтових вод (РПВ) вони не впливали на галогенез темно-каштанового ґрунту. Загальний уміст водорозчинних солей у

шарах 0-25 і 25-50 см істотно не відрізнявся і складав 0,08-0,12 %, із них токсичних солей – 0,06-0,08 %, що характеризує ґрунт як незасолений. За розподілом солей та вмістом їх у нижніх шарах 50-75 і 75-100 см лучно-каштановий і темно-каштановий ґрунти істотно різнилися. З посиленням ступеня гідроморфізму вплив мінералізованих підґрунтових вод на накопичення водорозчинних солей у ґрунті зростає. За неглибокого рівня підґрунтових вод (2-3 м) із висхідними потоками солі мігрують вверх, з акумуляцією їх у шарі 75-100 см – на рівні 0,34-0,41 % солей, із них токсичних – 0,24-0,26 %, що за хлоридно-сульфатного маґнієво-натрієвого типу класифікує лучно-каштановий ґрунт як слабо- або середньозасолений. Таким чином, в умовах аридизації клімату, що відмічається в зоні Степу протягом останніх років, засоленість гідроморфних ґрунтів може зрости.

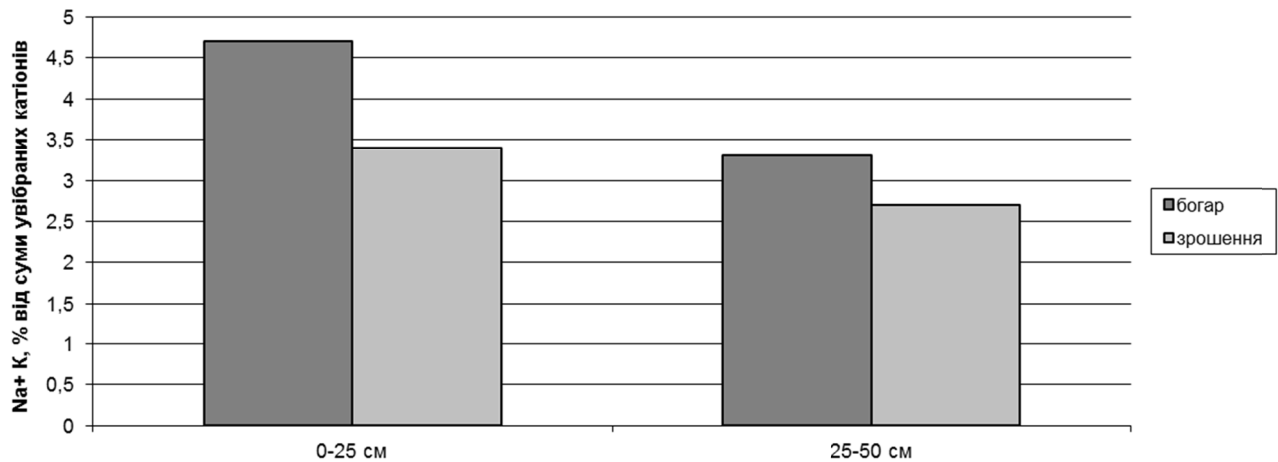


**Рис. 1. Уміст водорозчинних та токсичних солей у темно-каштанових ґрунтах різного ступеня гідроморфізму**

За оптимальних умов зволоження темно-каштанового ґрунту (РПВ більше 5 м) – за зрошення прісними водами 1 класу із Каховського магістрального каналу (Чаплинський р-н Херсонської обл.) у ґрунтах розвивається процес розсолонення з міграцією солей углиб профілю, нижні генетичні горизонти. Переважно слабкий та середній ступінь засолення характерний для шарів ґрунту 200-300 см в автоморфних умовах. За умов близького залягання підґрунтових вод засолення відмічається вже з глибини 50 см.

Визначення складу увібраних катіонів і ступеня солонцюватості темно-каштанових ґрунтів за різних меліоративних умов (рис. 2) свідчить про те, що внаслідок довгострокового зрошення прісною водою відбулося розсолонцювання шарів 0-25, 25-50 см і зниження вмісту натрію і калію від

суми увібраних катіонів відповідно з 4,7 % до 3,4 % (шар 0-25 см) і з 3,3 % до 2,7 % (шар 25-50 см).



**Рис. 2. Солонцюватість темно-каштанового ґрунту в богарних та зрошуваних (прісною водою) умовах**

Аналогічні результати отримано в моніторингових дослідженнях у зоні Краснознам'янської зрошувальної системи за зрошення прісними водами (Балюк, 2011). Таким чином, проведені дослідження свідчать, що в зоні Степу Сухого за оптимальних умов зволоження прісними водами в автоморфних умовах відбувається розвиток процесів розсолення та розсолонцювання природно солонцевих темно-каштанових ґрунтів, що сприяє поліпшенню їх властивостей та підвищенню родючості. В умовах зростання посушливості клімату без застосування зрошення ймовірним є погіршення фізико-хімічних властивостей ґрунтів, зниження їх родючості та посилення просторої неоднорідності.

Посушливість клімату є причиною дисбалансу основних поживних речовин та мікроелементів у ґрунті, що впливає на доступність їх для рослин та визначає врожайність вирощуваних культур. Рівень зволоження ґрунту і забезпеченість поживними речовинами впливають на врожайність сільськогосподарських культур. У зоні Степу Південного і Степу Сухого, де найбільш істотно відчувається посушливість клімату, сільськогосподарські культури проходять основні фази формування генеративних органів в умовах нестачі вологи, що є причиною зниження їх урожайності. Серед кардинальних заходів з оптимізації та стабілізації аграрного виробництва є зрошення, площі якого слід нарощувати в умовах аридизації клімату. Статистичні дані щодо врожайності основних вирощуваних культур у зоні Степу Сухого (за даними Департаменту агропромислового розвитку Херсонської обласної держадміністрації) свідчать, що продуктивність сільськогосподарських культур в умовах зрошення була вищою порівняно з неполивними землями

(Рекомендації..., 2016). Так, надбавка врожайності сільськогосподарських культур за зрошення становила: озимої пшениці – 17,6-25,3 ц/га, озимого ячменю – 19,9-22,3 ц/га, ячменю ярого – 10,1-17,2 ц/га, соняшнику – 13,7-15,1 ц/га, сої – 15,1-21,4 ц/га.

**Висновки.** Клімат є одним із провідних чинників ґрунтоутворення, що впливає на еволюцію та властивості ґрунтів. Потепління клімату супроводжується перш за все зміною температурного і водного режимів ґрунту, які впливають на спрямованість елементарних ґрунтових процесів, фізичні, фізико-хімічні, мікробіологічні властивості. На підставі аналізу ретроспективних даних сольового складу темно-каштанових ґрунтів зони Степу Сухого різного ступеня гідроморфізму та характеру використання (зрошення, без зрошення), можна зробити прогноз, що аридизація клімату може призвести до активізації процесів засолення перш за все в гідроморфних і напівгідроморфних ґрунтах унаслідок близького залягання мінералізованих підґрунтових вод та висхідної міграції солей. За довгострокового зрошення прісними водами 1 класу в темно-каштанових ґрунтах розвивається процес розсолення та розсолонцювання. У результаті у шарах ґрунту 0-25, 25-50 см відбулося зниження вмісту натрію і калію від суми увібраних катіонів відповідно з 4,7 % до 3,4 % (шар 0-25 см) і з 3,3 % до 2,7 % (шар 25-50 см). Посушливість клімату є причиною дисбалансу основних поживних речовин та мікроелементів у ґрунті, що впливає на доступність їх для рослин та визначає врожайність вирощуваних культур. Серед кардинальних заходів з оптимізації та стабілізації аграрного виробництва є зрошення, площі якого слід нарощувати в умовах аридизації клімату.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

**Розанов Б. Г.** Принципы диагностики и оценки процессов опустынивания / Б. Г. Розанов // Борьба с опустыниванием путем комплексного развития: тез. докл. междисциплинар. симпозиума. – Ташкент, 1981. – С. 24-26.

*Rozanov B. G., 1981, "Principles of diagnostics and assessment of desertification processes", Combating desertification through integrated development: abstracts of the interdisciplinary symposium, Tashkent, pp. 24-26.*

**Изменение** климата. Проекты. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/climate-change/programmes-and-projects/projects/ru/>.

*"Changing of the climate. Projects. The Food and Agriculture Organization of the United Nations", Electronic resource, Access mode: http://www.fao.org/climate-change/programmes-and-projects/projects/ru/.*

**ФАО** запускает новую веб-платформу по климатически оптимизированному сельскому хозяйству. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fao.org/news/story/ru/item/1062026/icode/>.

*"FAO is launching a new web platform on climate-optimized agriculture", Electronic resource, Access mode: http://www.fao.org/news/story/en/item/1062026/icode/.*

**Кудеяров В. Н.** Глобальные изменения климата и почвенный покров / В. Н. Кудеяров, В. А. Демкин, Д. А. Гиличинский и др. // Почвоведение. – 2009. – № 9. – С. 1027-1042.



*Kudeyarov V. N., Demkin V. A., Gilichinsky D. A. and others, 2009, "Global climate changes and soil cover", Soil Science, No. 9, pp. 1027-1042.*

**Дидух Я. П.** Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії / Я. П. Дидух // Вестник НАН України. – Москва: Академперіодика, 2009. – № 2. – С. 34-44.

*Diduh YA. P., 2009, "Environmental aspects of global climate change: causes, effects, actions", Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine, Moscow, Akadempriodika, No 2, pp. 34-44.*

**Панкова Е. І.** Вплив глобального потеплення клімату на засоленість ґрунтів аридных регіонів / Е. І. Панкова, М. В. Конюшкова // Бюллетень Почв. ін-та ім. В. В. Докучаєва. – 2013. – № 71. – С. 3-15.

*Pankova E. I., Konyushkova M. V., 2013, "The impact of global warming on salinity in arid regions", Bulletin of the Dokuchaev Soil Science Institute, No 71, pp. 3-15.*

**Воротинцева Л. І.** Зміна фізико-хімічних властивостей темно-каштанових ґрунтів за різних меліоративних навантажень / Л. І. Воротинцева // Зрошуване землеробство: Міжвід. темат. наук. зб. – 2017. – № 67. – С. 72-76.

*Vorotyntseva L. I., 2017, "Changes in the physico-chemical properties of dark chestnut soils in different reclamation loads", Irrigated agriculture: Interagency thematic scientific collection, No 67, pp. 72-76.*

**Балюк С.** Сучасний еколого-агромеліоративний стан земель Краснознам'янської зрошувальної системи, напрямки еволюції ґрунтів і подальшого використання / С. Балюк, В. Ладних, Ю. Афанасьєв і др. // Водне господарство України. – 2011. – № 5(95). – С. 19-22.

*Baliuk S., Ladnykh V., Afanasiev Yu. and others, 2011, "Modern ecological-agromeliorative state of the lands of the Krasnoznamyansk Irrigation System, the direction of soil evolution and its subsequent use", Water management of Ukraine, No 5(95), pp. 19-22.*

**Рекомендації** щодо напрямків з оптимізації управління та раціонального використання водних і земельних ресурсів Херсонської області / [Балюк С. А., Воротинцева Л. І., Захарова М. А. та ін.]. – Харків: ТОВ «Смуґаста типографія», 2016. – 92 с.

*Baliuk S. A., Vorotyntseva L. I., Zakharova M. A. and others, 2016, "Recommendations on directions on optimization of management and rational use of water and land resources of the Kherson region", Kharkiv, TOV «Smuhasta typohrafiia», 92 p.*