Еволюція чорнозему південного за тривалого зрошення біологічно очищеними міськими стічними водами в умовах степового Криму

В.Є. Дишлюк

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

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 02.08.2019 Отримано після доопрацювання 16.08.2019 Затверджено до друку 19.08.2019 Доступно онлайн 01.09.2019	У статті дано комплексну оцінку впливу тривалого зрошення біологічно очищеними стічними водами міста Євпаторії на території Автономної республіки Крим (Сакський район) на зміни спрямованості та інтенсивності процесу ґрунтоутворення і трансформації характеристик чорнозему південного в умовах степового Криму. Дослідження проведено у період інтенсивного зрошення (1985-1992 рр.). Проаналізовано особливості агроекологічного стану тривало зрошуваного чорнозему південного та запропоновано комплекс заходів для мінімізації ризику деградації ґрунту. Методи досліджень – «ключів-аналогів», порівняльно-географічний, порівняльно-аналітичний, статистичний. Представлено результати комплексних аналітичних досліджень хімічних, фізико-хімічних, мікробіологічних, геохімічних та санітарно-гігієнічних характеристик зрошуваних і незрошуваних ґрунтів, а також якості поливних вод. З'ясовано, що тривале зрошення стічними водами з підвищеною мінералізацією і несприятливою іонною структурою спричинило ознаки іригаційної деградації ґрунту (тенденцію до слабого засолення й, осолонцювання). Разом з тим виявлено, що чорнозем південний, тривало зрошуваний стічними водами, завдяки високій генетичній буферній здатності (вміст CaCO_3 в метровому шарі варіює в межах 10-24 %) і наявності активних концентрацій катіонів кальцію в ґрунтовому розчині (гальмують процес осолонцювання), а також природній здатності ґрунту до самоочищення (звільнення від різноманітних забруднювачів), характеризується близьким до оптимального агроекологічним станом і еволюціонує за своєрідним гумусово-аккумулятивним типом ґрунтоутворення. Перелічено комплекс заходів, які на час завершення експерименту було рекомендовано для мінімізації деградації ґрунту: організаційно-технічні й технологічні для поліпшення якості поливних стічних вод; застосування їх для іригації на обмежених площах з доброю дренажістю; агроміліоративні прийоми; організаційні – призупинення зрошення на декілька років (перехід на нові площі) для природного оздоровлення ґрунту до відновлення його властивостей.
Ключові слова: агроекологічний стан ґрунту; зрошення; ґрунтоутворення; міські стічні води; характеристики ґрунту; превентивні заходи; чорнозем південний	
E-mail: dyshlyuk_ve@ukr.net	

Форма цитування: Дишлюк В.Є. Еволюція чорнозему південного за тривалого зрошення біологічно очищеними міськими стічними водами в умовах степового Криму. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. Вип. 88. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". 2019. С. 106-119. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-15>.

Список використаної літератури

1. Ромащенко М.І. Концепція відновлення та розвитку зрошення у Південному регіоні України / За ред. М.І. Ромащенко. Київ: ЦП «Компринт», 2014. 28 с.
2. Ромащенко М.І. Наукові засади розвитку зрошення земель в Україні. Київ: Аграрна наука, 2012. 28 с.
3. Дишлюк В.Є. Перспективи використання стічних вод міських очисних споруд у землеробстві України. *Меліорація і водне господарство*. Міжвід. тем. наук. зб. Київ: Аграрна наука, 1997. Вип. 84. С. 83–97.
4. Дишлюк В.Є. Перспективи використання стічних вод міських очисних споруд у землеробстві України (повідомлення II). *Меліорація і водне господарство*: міжвід. тем. наук. зб. Київ: Аграрна наука, 1998. Вип. 85. С. 57–66.
5. Dyshlyuk V.Ye. Utilization of urban sewage waters for irrigation of agricultural lands in Ukraine. *Debreceni Egyetem Agrartudományi Közlemények Acta Agraria Debrecenensis*. № 61. Debrecen. 2014. P. 5–7.
6. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник / За ред. В.М. Хорева, К.А. Алієва. Київ: Ніка-Центр. 2016. 107 с.
7. Устойчивый Крым. Водные ресурсы. Симферополь: Таврида, 2003. С. 171.
8. Юровський Ю.Г. Сучасний стан прибережно-морської зони України. *Інформаційний бюлетень про стан геологічного середовища України у 1994–1995 рр.* Вип. 14. Київ: Держкомгеологія України, 1997. С. 41–51.
9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2001 році. Київ: Мінекоресурсів України, 2003. С. 33–43.
10. Коржунова Н. Проблеми раціонального природокористування в Чорноморському регіоні. *Економіка України*. № 9. Київ: Преса України. 1996. С. 70–73.
11. Environmental economic and social impacts of the use of sewage sludge on land: Report Milien Ltd and WRC for the European Commission, DG Environment under Study Contract DG ENV.G 4/ETU/2008/0076r. 2008.
12. Львович А.І. Защита вод от загрязнения / под ред. М.М. Телитченко. Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. 168 с.
13. Использование сточных вод для орошения / Ю.Г. Бескровный, М.В. Козинец, В.И. Бойко, З.И. Бойко [и др.] / Под ред. Ю.Г. Бескровного. Киев: Урожай, 1989. 158 с.
14. Овцов Л.П. Экологически безопасные технологии сельскохозяйственного использования животноводческих стоков и сточных вод. Москва: МГУ, 2002. 615 с.
15. Дишлюк В.Є. Напрями раціонального використання стічних вод // Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / За ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко і В.А. Сташука. Київ: Аграрна наука, 2009. С. 402–415.

16. Дишлюк В.Є. Водна меліорація ґрунтів із застосуванням стічних вод // Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти / За ред. С.А. Балюка, В.В. Медведева, Б.С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. С. 156–161.
17. Временные рекомендации по использованию для орошения сточных вод г. Евпатории. Ровно: УИИВХ, 1982. 25 с.
18. Дишлюк В.Є. Формування, якісний склад та комплексна оцінка для іригації стічних вод очисних споруд м. Евпаторії. *Меліорація і водне господарство: міжвід. тем. наук. зб.* №88. Київ: Аграрна наука, 2002. С. 52–61.
19. Дишлюк В.Є. Якість підземних вод на територіях, прилеглих до зони масиву зрошення стічними водами міських очисних споруд. *Меліорація і водне господарство: міжвід. тем. наук. зб.* №86. Київ: Аграрна наука, 1999. С. 90–97.
20. Почвенная карта Сакского района Крымской области. Составлена Крымской землеустроительной экспедицией института «Укрземпроект» по материалам обследования почв, проведенного в 1957 – 1962 гг. Масштаб 1:50000. Киев, 1963.
21. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України / За ред. М.І. Полупана. Київ: Аграрна наука, 2005. 300 с.
22. Методические рекомендации по изучению влияния орошения на почвы УССР / Сост.: А.В.Новикова, Н.К. Крупский, Н.И. Полупан [и др.]. Харьков: УНИИПА ЮО ВАСХНИЛ, 1979. 96 с.
23. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
24. Почвы. Метод определения ионов карбонатов и бикарбонатов в водной вытяжке: ГОСТ 26424-85. [Введ. 1986-01.01]. Москва: Госкомитет СССР по стандартам, 1985. 4 с.
25. Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке: ГОСТ 26425-85. [Введ. 1986-01.01]. Москва: Госкомитет СССР по стандартам, 1985. 9 с.
26. Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке: ГОСТ 26426-85. [Введ. 1986-01.01]. Москва: Госкомитет СССР по стандартам, 1985. 7 с.
27. Почвы. Методы определения натрия и калия в водной вытяжке: ГОСТ 26427-85. [Введ. 1986-01.01]. Москва: Госкомитет СССР по стандартам, 1985. 4 с.
28. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке: ГОСТ 26428-85. [Введ. 1986-01.01]. Москва: Госкомитет СССР по стандартам, 1985. 8 с.
29. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. Москва: Изд-во МГУ, 1987. 256 с.
30. Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов / Под ред. Н.А. Красильникова. Москва: Изд-во МГУ, 1966. С. 7-24.
31. Тарасевич Н.И., Семененко К.А., Хлыстова А.Д. Методы спектрального и химико-спектрального анализа. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1973. 275 с.
32. Хавезов И., Цалев Д. Атомно-абсорбционный анализ. Ленинград: Химия, 1983. 144 с.
33. Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы (МУ №1446-76). Москва: Минздрав СССР, 1977. 47 с.
34. Методические указания по гельминтологическому исследованию объектов внешней среды и санитарным мероприятиям по охране от загрязнения яйцами гельминтов и обезвреживанию от них нечистот, почвы, овощей, ягод, предметов обихода (МУ №1440-76). Москва: Минздрав СССР, 1976. 39 с.
35. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.М. Химический анализ производственных сточных вод. Изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Химия, 1974. 335 с.
36. ДСТУ 7369:2013. Стічні води. Вимоги до стічних вод і їхніх осадів для зрошування та удобрення. Київ: Мінекономірозвитку України, 2013. 9 с.
37. ДСТУ 2730-94. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. Київ: Держстандарт України, 1994. 13 с.
38. ВБН 33-5-01-97. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу. Частина 1. Зрошувані землі. Київ: Держводгосп України, 2002. 66 с.
39. Методика оцінки та прогнозу еколого-меліоративного стану і стійкості земель при зрошенні // Посібник 2 до ВБН 33-5-01-97. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу. Частина 1. Зрошувані землі. Київ: Держводгосп України, 2002. 148 с.
40. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андрюк, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук [та ін.]. Київ: Обереги, 2001. 240 с.
41. Фатеев А.І., Пащенко Я.В., Балюк С.А. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / за ред. А.І. Фатеева, Я.В. Пащенко. Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», 2003. 117 с.
42. ВБН 33-5-06-99. Охорона водних, ґрунтових та рослинних ресурсів від забруднення важкими металами в умовах зрошення. Київ, 1999. 26 с.
43. Kloke A. 1980. Richtwerte'80: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden / Mitteilungen des YDLUFA. H. 1-3. P. 9.
44. Tietjen C. The admissible rate of waste (residue) application to land with regard to high efficiency in crop production and soil pollution abatement. In: Land as a Waste Management Alternative – Publishers Inc. 1976
45. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. Геохимия окружающей среды. Москва: Недра, 1990. 335 с.
46. Дерев'янюк Р.Г. Агроґрунтова зона. Географічна енциклопедія України в 3-х томах. Київ: Українська радянська енциклопедія імені М.П. Бажана, 1989. Т.1 (А–Ж). С. 12.
47. Львова Е.В. Равнинный Крым. Геологическое строение, гидрогеология, охрана природы. Киев: Наукова думка, 1978. 188 с.
48. Гигиенические нормативы 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Минздрав России, 1998. 90 с.
49. Аниканова Е.М. Влияние орошения щелочными водами разной минерализации на южные черноземы. *Почвоведение*. 1996. №7. Москва: Наука. С. 1-10.
50. Позняк С.П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины: монография. Львов: ВНТЛ, 1997. 240 с.
51. Зрошувані землі Дунай-Дністровської зрошувальної системи: еволюція, екологія, моніторинг, охорона, родючість / За ред. С.А. Балюка. Харків: ПФ «Антиква», 2001. 260 с.
52. Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / За ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко, В.А. Сташука. Київ: Аграрна наука, 2009. С. 91–210.
53. Землі інгулецької зрошувальної системи: стан та ефективне використання / За наук. ред. В.О. Ушкаренка, Р.А. Вожегової: колективна монографія. Київ: Аграрна наука, 2010. 352 с.
54. Многолетний опыт использования сточных вод для орошения черноземов Украины / Ю.Г. Бескровный, В.И. Бойко, И.Н. Гоголев, Б.М. Турус. *Вестник с.-х. науки*. Москва, 1987. №5. С. 58-63.
55. Бескровный Ю.Г., Бойко В.И. Влияние длительного орошения городскими сточными водами на свойства черноземов обыкновенных УССР. // Использование животноводческих стоков и сточных вод в орошаемом земледелии: сб. науч. тр. Москва: ВНИИГиМ, 1989. С. 23-29.
56. Ромащенко М.І., Балюк С.А. Зрошення земель в Україні. Стан та шляхи поліпшення. Київ: Видавництво «Світ», 2000. 114 с.

57. Христенко С.І., Найдьонова О.Є. Параметри мікробіологічних показників зрошуваних ґрунтів. // Зрошувані землі Дунай-Дністровської зрошувальної системи: еволюція, екологія, моніторинг, охорона, родючість / За ред. С.А. Балюка. Харків: ПФ «Антіква», 2001. 260 с.
58. Балюк С.А., Найдьонова О.Є. Вплив зрошення на стан і функціонування мікробних ценозів ґрунтів // Наукові основи охорони та раціонального використання зрошуваних земель України / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромашченка, В.А. Сташук. Київ: Аграрна наука, 2009. С. 165–187.
59. Найдьонова О.Є. Біологічна деградація чорноземів при зрошенні. Автореф. дис. на здобуття наук. ст. канд. біол. наук. Харків, 2010. 21 с.
60. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Под ред. Н.Г. Зырина и Л.К. Садовниковой. Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 208 с.
61. Чуджиян Х., Карвета С., Фацек З. Тяжелые металлы в почвах и растениях // Экологическая кооперация. Братислава, 1988. Вып. 1. С. 5-24.
62. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.
63. Григорян К.В. Влияние загрязненных промышленными отходами оросительных вод на содержание тяжелых металлов в почве и в некоторых сельскохозяйственных культурах. *Почвоведение*. 1989. №9. Москва: Наука, С. 97-105
64. Захарова М.А. Агрогеохімічні закономірності міграції та акумуляції важких металів у зрошуваних ґрунтах. Автореф. дис. на здобуття наук. ст. канд. с.-г. наук. Харків, 2003. 20 с.
65. Гигиенические основы почвенной очистки сточных вод / Е.И. Гончарук, Г.И. Сидоренко, Т.Н. Хрушова, В.И. Циприян. Москва: Медицина, 1976. 184 с.
66. Матвеев П.Н. Гигиенические основы развития земледельческих полей орошения. Москва: Медицина, 1976. 213 с.

UDC 631.67:621.3: 631.445.4. «71»(477.7)

Evolution of the chernozem southern during long-term irrigation with biologically treated urban wastewater under conditions of the Steppe Crimea

V.Ye. Dyshliuk

NSC «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», Kharkiv, Ukraine

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received 02.08.2019	The article gives a comprehensive assessment of the impact of prolonged irrigation of biologically treated waste water of the city of Evpatoria on the territory of the Autonomous Republic of Crimea (Saky district) on changes in the orientation and intensity of the process of soil formation and transformation of the characteristics of chernozem southern in the conditions of the steppe Crimea. The study was conducted during the period of intensive irrigation (1985-1992). The peculiarities of the changed agro-ecological state of the long irrigated chernozem southern are analyzed, and a set of measures is proposed to minimize the risk of soil degradation. Methods of research - "keys-analogues", comparative-geographical, comparative-analytical and statistical. The results of complex analytical studies of chemical, physico-chemical, microbiological, geochemical and sanitary-hygienic characteristics of irrigated and no irrigated soils, as well as the quality of irrigation water are presented. It has been found that prolonged irrigation with waste water with high mineralization and unfavorable ionic structure caused the signs of irrigation degradation of soil (tendency to poor salinization and alkalization). At the same time, it was found that the chernozem southern was irrigated for a long time with waste water, due to its high genetic buffer capacity (CaCO_3 content in the 0-100 cm layer varies within 10-24 %) and the presence of active concentrations of calcium cations in the soil solution (inhibiting the process of soil alkalization), as well as the ability of the soil to self-purification (release from various contaminants), is characterized by close to the optimal agro-ecological state and evolves in a kind of humus-accumulating type of soil formation. The list of measures recommended at the end of the experiment to minimize soil degradation: technical and technological to improve the quality of irrigation waste water; use them for irrigation in limited areas with good drainage; agricultural land reclamation techniques; organizational - suspension of irrigation for several years (transition to new areas) for natural improvement of the soil until restoration of its properties.
Received in revised form 16.08.2019	
Accepted 19.08.2019	
Available online 01.09.2019	
Keywords:	
agro-ecological condition of soil; chernozem southern; irrigation; preventive measures; soil characteristics; soil formation; urban waste water	

E-mail: dyshlyuk_ve@ukr.net

Citing: Dyshliuk V.Ye. 2019. Evolution of the chernozem southern during long-term irrigation with biologically treated urban wastewater under conditions of the Steppe Crimea. *Agrochemistry and Soil Science*. Collected papers. No. 88. Kharkiv: NSC ISSAR, P. 106-119. (Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.31073/acss88-15>

References

- Romashchenko M.I. 2014. The concept of irrigation restoration and development in the Southern region of Ukraine. Ed. by M.I. Romashchenko. Kyiv: CP "Comprint". 28 p. (Ukr.).
- Romashchenko M.I. 2012. Scientific principles of land irrigation development in Ukraine. Kyiv: Agricultural Science. 28 p. (Ukr.).
- Dyshliuk V.Ye. 1997. Prospects for the use of wastewater of urban treatment plants in agriculture of Ukraine. *Reclamation and Water Management*. № 84. Kyiv: Agrarian Science. P.83–97. (Ukr.).
- Dyshliuk V.Ye. 1998. Prospects for the use of wastewater of urban treatment plants in agriculture of Ukraine (message II). *Reclamation and Water Management*. № 85. Kyiv: Agrarian Science. P. 57–66. (Ukr.).
- Dyshliuk V.Ye. 2014. Utilization of urban sewage waters for irrigation of agricultural lands in Ukraine. *Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények Acta Agraria Debrecenensis*. № 61. Debrecen. P. 5–7.

6. Palamarchuk M.M., Zakhorchevna N.B. 2016. Water Fund of Ukraine: Reference Guide. Ed.: V.M. Khoreva, K.A. Aliyev. Kyiv: Nika-Center. 107 p. (Ukr.).
7. Sustainable Crimea. Water resources. Simferopol: Tauris. 2003. P. 171. (Rus.).
8. Yurovskiy Yu.H. 1997. Current state of the coastal and marine zone of Ukraine. *Information Bulletin on the State of the Geological Environment of Ukraine in 1994–1995*. № 14. Kyiv: Derzhkomgeolohiia Ukraine. P. 41–51. (Ukr.).
9. National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2001. Kyiv. Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine. 2003. P. 33–43. (Ukr.).
10. Korzhunova N. 1996. Problems of rational nature management in the Black Sea region. *Economy of Ukraine*. № 9. Kyiv: Press of Ukraine. P. 70–73. (Ukr.).
11. Environmental economic and social impacts of the use of sewage sludge on land: Report Milien Ltd and WRC for the European Commission, DG Environment under Study Contract DG ENV.G 4/ETU/2008/0076r. 2008.
12. Lvovich A.I. 1977. Protection of water from pollution / ed. by M.M. Telitchenko. Leningrad: Gidrometeoizdat. 168 p. (Rus.).
13. Beskrovnyi Yu.H., Kozinets M.V., Boyko V.I., Boyko Z.I. et al. 1989. The use of wastewater for irrigation / Ed.: Yu. Beskrovnyi. Kyiv: Urozhai. 158 p. (Ukr.).
14. Ovtsov L.P. 2002. Environmentally friendly technologies for agricultural use of livestock waste and wastewater. Moscow State University. 615 p. (Rus.).
15. Dyshliuk V.Ye. 2009. Areas of wastewater management. In: Scientific bases of protection and rational use of the irrigated lands of Ukraine. Ed.: S.A. Baliuk, M.I. Romashchenko, V.A. Stashuk. Kyiv: Agrarian Science. P. 402–415. (Ukr.).
16. Dyshliuk V.Ye. 2018. Water reclamation of soils using wastewater. In: Adaptation of Agro-Technology to Climate Change: Soil-Agrochemical Aspects. Ed.: S.A. Baliuk, V.V. Medvedev, B.S. Nosko. Kharkiv: Stylina Typographiia, 2018. P. 156–161. (Ukr.).
17. Temporary recommendations for the use of wastewater of Yevpatoriya city for irrigation. Rivne: UIIVH. 1982. 25 p. (Rus.).
18. Dyshliuk V.Ye. 2002. Formation, qualitative composition and complex estimation for irrigation of wastewater treatment plants in Yevpatoriya city. *Reclamation and Water Management*. № 88. Kyiv: Agrarian Science. P. 52–61. (Ukr.).
19. Dyshliuk V.Ye. 1999. Groundwater quality in the territories adjacent to the area of the wastewater irrigation array of urban wastewater treatment plants. *Reclamation and Water Management*. № 86. Kyiv: Agrarian Science, P. 90–97. (Ukr.).
20. Soil map of the Saky district of the Crimean region. Compiled by the Crimean land management expedition of the "Ukrzemproekt" Institute based on soil survey conducted in 1957–1962. Scale 1: 50,000. Kyiv. 1963. (Rus.).
21. Polupan M.I., Solovey V.B., Velichko V.A. 2005. Classification of Soils of Ukraine. Ed. by Polupan M.I. Kyiv: Agrarian Science. 300 p. (Ukr.).
22. Guidelines for the study of the effect of irrigation on the soil of the Ukrainian SSR. Comp.: A.V. Novikova, N.K. Krupsky, N.I. Polupan, [et. al]. Kharkiv. 1979. 96 p. (Rus.).
23. Dospekhov B.A. 1985. Methodology of field experiment. Moscow: Agropromizdat. 351 p. (Rus.).
24. Soils. Method for determination of carbonate and bicarbonate ions in an aqueous extract: GOST 26424-85. [Existing with 1986-01.01]. Moscow: USSR State Committee for Standards, 1985. 4 p. (Rus.).
25. Soils. Methods for determination of chloride ion in an aqueous extract: GOST 26425-85. [Existing with 1986-01.01]. Moscow: USSR State Committee for Standards. 1985. 9 p. (Rus.).
26. Soils. Methods for determination of sulfate ion in an aqueous extract: GOST 26426-85. [Existing with 1986-01.01]. Moscow: USSR State Committee for Standards. 1985. 7 p. (Rus.).
27. Soils. Methods for the determination of sodium and potassium in an aqueous extract: GOST 26427-85. [Existing with 1986-01.01]. Moscow: USSR State Committee for Standards. 1985. 4 p. (Rus.).
28. Soils. Methods for determination of calcium and magnesium in an aqueous extract: GOST 26428-85. [Existing with 1986-01.01]. Moscow: USSR State Committee for Standards. 1985. 8 p. (Rus.).
29. Zvyagintsev D.G. 1987. Soil and microorganisms. Moscow: Publishing house of Moscow State University. 256 p. (Rus.).
30. Methods for the study of soil microorganisms and their metabolites. Ed. by O.N. Krasilnikov. Moscow: Publishing House of Moscow State University. 1966. P. 7–24. (Rus.).
31. Tarasevich N.I., Semenenko K.A., Khlystova A.D. 1973. Methods of spectral and chemical-spectral analysis. Moscow: Publishing House of Moscow State University. 275 p. (Rus.).
32. Khavezov I., Tsalev D. 1983. Atomic absorption analysis. Leningrad: Chemistry. 144 p. (Rus.).
33. Guidelines for sanitary-microbiological soil research. Moscow: Ministry of Health of the USSR. 1977. 47 p. (Rus.).
34. Guidelines for helminthological research of environmental objects and sanitary measures for the protection from helminths' eggs and neutralization of sewage, soil, vegetables, berries, household items from them (MU No. 1440-76). Moscow: Ministry of Health of the USSR. 1976. 39 p. (Rus.).
35. Lurie Yu.Yu., Rybnikova A.M. 1974. Chemical analysis of industrial wastewater. Ed. 4th, rev. and add. Moscow: Chemistry. 335 p. (Rus.).
36. DSTU 7369:2013. Waste water. Requirements for waste water and their sediment for irrigation and fertilization. Kyiv: Ministry of Economic Development of Ukraine. 2013. 9 p. (Ukr.).
37. DSTU 2730-94. Quality of natural water for irrigation. Agronomic criteria. Kyiv: State Standard of Ukraine. 1994. 13 p. (Ukr.).
38. VBN 33-5.5-01-97. Organizing and conducting ecological and reclamation monitoring. Part 1. Irrigated lands. Kyiv: State Water Service of Ukraine. 2002. 66 p. (Ukr.).
39. Methods of estimation and prediction of ecological-ameliorative state and stability of lands under irrigation. In: Manual 2 to VBN 33-5.5-01-97. Organizing and conducting ecological and reclamation monitoring. Part 1. Irrigated lands. Kyiv: State Water Service of Ukraine. 2002. 148 p. (Ukr.).
40. Andreyuk K.I., Iutynska G.O., Antypchuk A.F. [et. al]. 2001. Functioning of soil microbial cenoses under anthropogenic loading conditions. Kyiv: Oberehy. 240 p. (Ukr.).
41. Fateev A.I., Pashchenko Ya.V., Baliuk S.A. 2003. Background content of trace elements in soils of Ukraine / Ed. by A.I. Fateev, Ya.V. Pashchenko. Kharkiv: NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research n.a. O.N. Sokolovsky". 117 p. (Ukr.).
42. VND 33-5.5-06-99. Protection of water, soil and plant resources from heavy metals contamination under irrigation conditions. Kyiv. 1999. 26 p. (Ukr.).
43. Kloke A. 1980. Richtwerte'80: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden / Mitteilungen des YDLUFA. H. 1-3. P. 9.
44. Tietjen C. 1976. The admissible rate of waste (residue) application to land with regard to high efficiency in crop production and soil pollution abatement. In: Land as a Waste Management Alternative. Publishers Inc.
45. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin Ye.P. 1990. Geochemistry of the environment. Moscow: Nedra. 335 p. (Rus.).
46. Derevianko R.G. 1989. Agro-soil zone. Geographical Encyclopedia of Ukraine in 3 volumes. Kyiv: The Ukrainian Soviet Encyclopedia named after M.P. Bazhan. Vol. 1 (A – Zh). P. 12. (Ukr.).

47. Lvova Ye.V. 1978. Plain Crimea. Geological structure, hydrogeology, nature conservation. Kyiv: Naukova Dumka. 188 p. (Rus.).
48. Hygienic standards 2.1.5.689-98. Maximum allowable concentration (MAC) of chemicals in the water of water bodies of drinking, cultural and domestic water use. Moscow: Ministry of Health of Russia. 1998. 90 p. (Rus.).
49. Anikanova E.M. 1996. The effect of irrigation with alkaline waters of different salinity on chernozem southern. *Soil science*. No 7. P. 1-10. (Rus.).
50. Poznyak S.P. 1997. Irrigated chernozems of southwestern Ukraine: monograph. Lviv: VNTL. 240 p. (Rus.).
51. Irrigated lands of the Danube-Dnestr irrigation system: evolution, ecology, monitoring, protection, fertility. Ed. S.A. Baliuk. Kharkiv: PF «Antikva», 2001. 260 p. (Ukr.).
52. Scientific bases of protection and rational use of irrigated lands of Ukraine. 2009. Ed.: S.A. Baliuk, M.I. Romashchenko, V.A. Stashuk. Kyiv: Agrarian Science. P. 91–210. (Ukr.).
53. Lands of the Ingulets Irrigation System: State and Effective Use: a collective monograph. Sciences. ed.: V.O. Ushkarenko, R.A. Vozhegova: Kyiv: Agrarian Science. 2010. 352 p. (Ukr.).
54. Beskrovnyi Yu.G., Boiko V.I., Gogolev I.N., Turus B.M. 1987. Many years of experience using wastewater for irrigation of chernozems in Ukraine. *Bulletin of S.-kh. science*. No. 5. P. 58-63. (Rus.).
55. Beskrovnyi Yu.G., Boiko V.I. 1989. The effect of prolonged irrigation with urban wastewater on the properties of chernozems ordinary of the Ukrainian SSR. In: Use of livestock wastewater and wastewater in irrigated agriculture. Moscow: VNIIGiM. P. 23-29. (Rus.).
56. Romashchenko M.I., Baliuk S.A. 2000. Irrigation of lands in Ukraine. Condition and ways to improve. Kiev: "Svit" Publishing House. 114 p. (Ukr.).
57. Khrystenko S.I., Naydenova O.E. 2001. Parameters of microbiological indices of irrigated soils. In: Irrigated lands of the Danube-Dnistr irrigation system: evolution, ecology, monitoring, protection, fertility. Ed. S.A. Baliuk. Kharkiv: PF «Antikva». 260 p. (Ukr.).
58. Balyuk S.A., Naydenova O.E. 2009. Influence of irrigation on the state and functioning of soil microbial cenoses. In: Scientific bases of protection and rational use of irrigated lands of Ukraine. Ed. S.A. Baliuk, M.I. Romashchenko, V.A. Stashuk. Kyiv: Agrarian Science. P. 165–187. (Ukr.).
59. Naydenova O.E. 2010. Biological degradation of chernozems during irrigation. Author's abstract diss. for the cand. biol. sciences. Kharkiv. 21 p. (Ukr.).
60. Chemistry of heavy metals, arsenic and molybdenum in soils. 1985. Ed. N.G. Zyrin, L.K. Sadovnikova. Moscow University Publishing House. 208 p. (Rus.).
61. Chujiyan H., Karveta S., Fazek Z. 1988. Heavy metals in soils and plants. In: Ecological cooperation. Bratislava. Issue. 1. P. 5-24. (Rus.).
62. Ilyin V.B. 1991. Heavy metals in the soil-plant system. Novosibirsk: Nauka. 151 p. (Rus.).
63. Grigoryan K.V. 1989. The effect of irrigation water polluted by industrial waste on the content of heavy metals in soil and in some agricultural crops. *Soil science*. No. 9. P. 97-105. (Rus.).
64. Zakharova M.A. 2003. Agrogeochemical patterns of migration and accumulation of heavy metals in irrigated soils. Author's abstract diss. for the sciences. Cand. agricultural sciences. Kharkiv. 20 p. (Ukr.).
65. Goncharuk E.I., Sidorenko G.I., Khruslov T.N., Tsipriyan V.I. 1976. Hygienic basis of soil wastewater treatment. Moscow: Medicine. 184 p. (Rus.).
66. Matveev P.N. 1976. Hygienic basis for the development of agricultural irrigation fields. Moscow: Medicine. 213 p. (Rus.).

УДК 631.67:621.3: 631.445.4. «71»(477.7)

Эволюция чернозема южного при длительном орошении биологически очищенными городскими сточными водами в условиях степного Крыма

В.Е. Дышлюк

ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», Харьков, Украина

В статье дана комплексная оценка влияния длительного орошения биологически очищенными сточными водами города Евпатория на территории Автономной республики Крым (Сакский район) на изменения направленности и интенсивности процесса почвообразования и трансформации характеристик чернозема южного в условиях степного Крыма. Исследования проведены в период интенсивного орошения (1985-1992). Проанализированы особенности агроэкологического состояния длительно орошаемого чернозема южного и предложен комплекс мер для минимизации риска деградации почвы. Методы исследований – «ключей-аналогов», сравнительно-географический, сравнительно-аналитический, статистический. Представлены оригинальные данные – результаты комплексных аналитических исследований физико-химических, химических и микробиологических характеристик орошаемых и неорошаемых почв, а также качества поливных вод. Установили, что длительное орошение сточными водами с повышенной минерализацией и неблагоприятной ионной структурой вызвало признаки ирригационной деградации почвы (тенденция слабого засоления и осолонцевания). Вместе с тем доказано, что чернозем южный, длительно орошаемый сточными водами, благодаря высокой генетической буферной способности (содержание CaCO_3 в метровом слое варьирует в пределах 10-24 %) и присутствию активных концентраций ионов кальция в почвенном растворе (тормозится процесс осолонцевания), а также природной способности почвы к самоочищению от разнообразных загрязнителей, характеризуется близким к оптимальному агроэкологическим состоянием и эволюционирует по своеобразному гумусово-аккумулятивному типу почвообразования. Перечислен комплекс мер, которые по завершению эксперимента были рекомендованы для минимизации деградации почвы: организационно-технические и технологические для улучшения качества поливных сточных вод; применение их на ограниченных территориях с хорошей дренированностью; агромелиоративные приемы; организационные – приостановка орошения на несколько лет (переход на новые площади) для природного оздоровления почвы до восстановления ее свойств.

Ключевые слова: агроэкологическое состояние почвы; орошение; почвообразование; городские сточные воды; характеристика почвы; превентивные меры; чернозем южный.