
ECOLOGICAL SOIL SCIENCE



V. A. Gorban 

Cand. Sci. (Biol.), Assoc. Prof.


UDK 631.434

*Oles Honchar Dnipropetrovsk National University,
Gagarin av., 72, Dnipro, Ukraine, 49010*

THE ROLE OF THE STRUCTURE TO PROVIDE BIOGEOCENOTIC SOIL FUNCTIONS

Abstract. There is a presentation of analysis of the structural state role in the manifestation of biogeocenotic soil functions, which are due to their physical, chemical and biochemical, physical-chemical, information, integrity properties.

The main role in the formation of the structure of living space manifests itself in existence, due to the presence in soil aggregates of different sizes and structures, of numerous and diverse ecological niches for soil organisms. The participation of structure in providing housing and shelter is evident in its impact on the majority of soil conditions. The role of the structure in the manifestation of the support is associated with fixing function in plants through the soil root system, as well as with structural features of the surface soil, which is used by animals when moving. The participate of structure in preservation of plant seeds, eggs and larvae of animal is due to the formation of aggregated soil optimal living conditions for living organisms. The structure plays an important role in realization of the soil nutrients and source connections, as plants are able to obtain only minerals in dissolved form and the optimal conditions for this can provide only soil with qualitative waterproof structure. The structure also participates in the formation of a depot of nutrients, energy and moisture, most of which are found in soil and aggregates that can be made available to living organisms after their destruction. The role of the of structure in providing stimulator function and inhibitor of biochemical processes is evident in the formation of a kind of the medium through which the interaction of the root systems of plants, as well as providing conditions for humification and mineralization of soil organic matter. The influence of the structure on the sorption of particulate material coming from the atmosphere is evident in its involvement in the formation of structural units of the soil. The role of the structure in the sorption of fine soil microorganisms living in the soil is due to the fact that this process is largely determined by the shape of aggregates, mineral composition and organic matter, which are included in their composition. The features of the structure to provide a signal function to the seasonal biological processes are related to the determining the influence of the aggregate composition of the soil at its thermal regime, which mainly depends on all biological processes in the soil. The role of the structure in the regulation of number and composition of the ecological community is due to the existence of the relationship between aggregate soil composition and characteristics of ecological community that exists on it. Participation in the launch of some of the structures of succession occurs mainly at the sharp deterioration of the structural state of the soil, which may be associated with the processes of water and wind erosion. The role of the structure to provide a «memory» of biogeocoenosis is explained by quite stable structural state of the natural

 Tel.: +38050-362-45-90. E-mail: vad01@ua.fm

DOI: 10.15421/031617

ISSN 1726-1112. *Ecology and noospherology*. 2016. Vol. 27, no. 3–4

89

ecosystems of the soil in the absence of catastrophic processes, which is able to store information about the features of the state of other components of biogeocoenosis. Participation of the structure in the transformation of matter and energy entering biogeocoenosis is due to the constant transformation of minerals, grain size elements, organic matter and other constituent parts of the soil in the process of aggregation. The role of the structure in the display of the sanitary function is due to the fact that there is a degradation of organic residues and metabolic products of living organisms in the soil, its antiseptic properties is best evident only in well-structured soil. The value of the structure in the function of the protective screen and buffer biogeocenotic screen provision is most fully shown in the soils of natural ecosystems with a favorable and stable structural state, due to which ecosystems are protected from mechanical destruction under the influence of various factors – water, wind, gravity force.

Despite the cited aspects of the role of structure manifestation in providing biogeocenotic soil functions there is a need for further detailed research in this area.

Keywords: *aggregate composition, structure, biogeocoenosis, environmental soil functions.*

УДК 631.434

В. А. Горбань

канд. биол. наук, доц.

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара,
просп. Гагаріна, 72, м. Дніпро, Україна, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

РОЛЬ СТРУКТУРИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ БІОГЕОЦЕНОТИЧНИХ ФУНКЦІЙ ҐРУНТІВ

Анотація. Надано аналіз ролі структурного стану ґрунтів у прояві біогеоценотичних функцій ґрунтів, які обумовлені їх фізичними, хімічними та біохімічними, фізико-хімічними, інформаційними, цілісними властивостями. Показано, що структура ґрунтів є важливим екологічним фактором, від якого залежать процеси як у самому ґрунті, так і в інших компонентах природних біогеоценозів. У той же час наголошується на необхідності подальших детальних досліджень в області взаємозв'язків структури і біогеоценотичних властивостей ґрунтів.

Ключові слова: *агрегатний склад, структура, біогеоценоз, біогеоценотичні функції ґрунтів.*

УДК 631.434

В. А. Горбань

канд. биол. наук, доц.

*Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара,
просп. Гагарина, 72, г. Днепр, Украина, 49010,
тел.: +38050-362-45-90, e-mail: vad01@ua.fm*

РОЛЬ СТРУКТУРЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ

Аннотация. Представлен анализ роли структурного состояния в проявлении биogeоценотических функций почв, которые обусловлены их физическими, химическими и биохимическими, физико-химическими, информационными, целостными свойствами. Показано, что структура почв является важным экологическим фактором, от которого зависят процессы как в самой почве, так и в других компонентах естественных биogeоценозов. В то же время отмечается необходимость дальнейших детальнейших исследований в области взаимосвязей структуры и биogeоценотических свойств почв.

Ключевые слова: *агрегатный состав, структура, биogeоценоз, биogeоценотические функции почв.*

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, структура является фундаментальной характеристикой почвы, от которой зависят ее экологические и продуктивные функции, а также практически все почвенные режимы (Medvedev, 2008). В то же время на формирование структуры почвы влияет ряд факторов – гранулометрический состав (Horn et al., 1994;

Medvedev, Laktionova, 2011), органическое вещество (Monreal et al., 1995; Shein, Milanovskii, 2003; Degtyarev, 2011; Panasenko, 2015), объемные изменения в почве (Voronin, 1986; Medvedev, 2008), состав поглощенных оснований (Belova, Travleyev, 1999; Desyatnik, 2015) и др.

В настоящее время основные исследования структурно-агрегатного состава почв обусловлены в основном его влиянием на почвенное плодородие (Cherednichenko, 2015; Pituello et al., 2016; Krylach, 2016; Gorban et al., 2016). При этом особенностям структуры как важному экологическому фактору посвящены единичные работы (Medvedev, 2009).

Как отмечает Л. О. Карпачевский (Karpachevsky, 2005), учение об экологических функциях почвы (Dobrovolsky, Nikitin, 1986, 2006) отражает роль почвы в биосфере и антропосфере (включая агросферу и техносферу) и конкретизирует воздействие почвы на все остальные компоненты природы. Эти исследования позволяют по-новому оценить роль почвы и отдельных ее свойств в экосистеме, подойти конкретно к выявлению степени деградации почв в разных условиях, понять эволюцию почвы, представив ее как усложнение экологических функций (Karpachevsky, 2005). Исходя из этого, в настоящее время все большую актуальность приобретают исследования, посвященные установлению роли отдельных экологических свойств почв (Karpachevsky, 2005; Gorban, 2008) в формировании и проявлении их экологических функций.

Целью нашей работы является анализ особенностей роли структуры почв в обеспечении их некоторых экологических, а именно биогеоценотических, функций.

Как известно, экологические функции почв делятся на две относительно самостоятельные группы – биогеоценотические и глобальные (Dobrovolsky, Nikitin, 1986). При этом все биогеоценотические функции объединены в несколько групп по основным контролирующим их свойствам почв: физические, химические и биохимические, физико-химические, информационные, целостные (Dobrovolsky, Nikitin, 2006).

Структура и физические функции

Роль структуры в формировании жизненного пространства. Своеобразные почвенные условия, которые формируются благодаря наличию в почве структурных агрегатов различных размеров, обуславливают широкий диапазон особенностей для существования живых организмов в этой среде. Как отмечает В. В. Медведев (Medvedev, 2009), пространственная разнокачественность почвенных условий из-за наличия структурных агрегатов является основной причиной локализации живых организмов в участках с повышенной или пониженной гидроморфностью и ксероморфностью соответственно их требованиям к среде. Как известно, наибольшая динамичность структуры характерна для верхнего горизонта почвы – в результате воздействия факторов окружающей среды и живых организмов. Этот горизонт отличается от других максимальным количеством существующих экологических ниш, что обуславливает наибольшую концентрацию живых организмов именно в этих условиях. Также это связано с тем, что часто именно верхний горизонт в почвах естественных биогеоценозов отличается максимально благоприятным структурно-агрегатным составом в результате влияния травянистых и древесных растений, почвенных животных, максимальным накоплением гумуса и т.д.

Роль структуры в обеспечении жилища и убежища. Данная экологическая функция во многом перекликается с уже рассмотренной. Благодаря особенностям структурных агрегатов даже в очень небольшом объеме почвы формируется значительный комплекс антагонистических условий. В частности, поверхностные зоны агрегатов всегда обогащены аэробной, внутренние, наоборот, – анаэробной микрофлорой (Medvedev, 2008). Как известно, с глубиной в почвах условия для

формирования структуры ухудшаются, что является одним из факторов снижения с глубиной численности почвенных водорослей (Maltseva, 2005), почвенной мезофауны (Kulbachko, 2006), количества корней древесных и травянистых растений (Ivanko, 2004). Необходимо отметить, что для каждого определенного типа почв характерно формирование определенного типа почвенной структуры (Karpachevsky, 2005), что может являться одним из объяснений приуроченности одних видов почвенных организмов к конкретным типам почв.

Роль структуры в проявлении опорной функции. В первую очередь эта функция обеспечивает вертикальное положение растениям, главным способом фиксации которых является закрепление их в почве с помощью корней (Dobrovolsky, Nikitin, 2012). В то же время глубина проникновения корней, их толщина и разветвления определяются главным образом особенностями структурно-агрегатного состава почв. Наиболее оптимальными в этом отношении являются зернистые и комковатые группы почвенных структур. Необходимо отметить, что агрегаты схожей формы из разных почв и горизонтов могут существенно различаться по своей прочности (Manaenkov et al., 1997). Кроме того, особое значение данная функция имеет для животных, которые передвигаются по поверхности почвы. При наличии водоустойчивой структуры верхнего горизонта почв даже во время сильных дождей у животных сохраняется возможность передвижения. Если же структурное состояние почвы характеризуется незначительной водоустойчивостью, обильные атмосферные осадки могут значительно ограничивать свободу передвижения животных.

Роль структуры в сохранении и создании депо семян и других зачатков. Как уже отмечалось выше, от структурного состава почвы зависит формирование благоприятных почвенных режимов. Оптимальный тепловой режим почвы оберегает почвенных обитателей, их яйца и личинки, семена и корни растений от перепадов дневных и ночных температур, а летом – от чрезмерного действия высоких температур, зимой – низких. Благоприятный водно-воздушный режим, в частности меньшее содержание кислорода в почвенном воздухе, обеспечивает длительное сохранение жизнеспособности семян и зачатков. Данная функция имеет большое значение для распространения и завоевания новых территорий инвазионными и адвентивными видами растений и животных.

Структура и химические свойства

Роль структуры в реализации почвенного источника питательных элементов и соединений. Как известно, растения способны получать питательные соединения только в растворенном виде, то есть для нормального питания им необходимо постоянное присутствие в почве определенного количества влаги. Именно хорошо структурированная почва, особенно с зернистой структурой, обеспечивает наиболее рациональное накопление и использование почвенной влаги. Влага, попав в почву, из межагрегатных промежутков за счет перепада давлений постепенно переместится во внутриагрегатные поры, где будет сохранена и станет доступной для многочисленных обитателей почвы (Medvedev, 2008).

Роль структуры в формировании депо элементов питания, энергии и влаги. Почвенное депо образуют соединения, законсервированные в аморфных, кристаллических формах и коагулированных гумусовых кислотах, подвижные соединения и влага, находящиеся в глубоких горизонтах (Dobrovolsky, Nikitin, 2006). В почвах, для которых характерна зернистая или комковатая структура, создаются наиболее благоприятные условия для эффективного использования перечисленных выше ресурсов. Некоторые из них непосредственно участвуют в процессе формирования почвенных агрегатов и переходят в доступную для живых организмов форму после их разрушения, в частности при минерализации органического вещества, содержащегося в почвенных агрегатах (Semenov et al., 2010).

Роль структуры в обеспечении функции стимулятора и ингибитора биохимических и других процессов. Почва является основной средой, через которую происходит взаимодействие корневых систем растений. Это имеет огромное значение в реализации аллелопатических взаимоотношений между растениями за счет корневых выделений (Del Fabbro, Prati, 2015). При этом хорошо структурированная почва, которой, как правило, характерно повышенное содержание гумуса, обладает высокой поглотительной и удерживающей способностью, что обеспечивает снижение интенсивности проявления стимулирующих или угнетающих проявлений химических веществ. В то же время в почвах с неблагоприятным структурным состоянием в определенных условиях может наблюдаться усиленное проявление данной функции, а в некоторых случаях, наоборот, ее значительное снижение.

Структура и физико-химические функции

Роль структуры в сорбции тонкодисперсного вещества, поступающего из атмосферы, с водным потоком и растительным опадом. Как известно, при формировании структуры почвы происходит постепенное агрегирование почвенного материала. При этом в процесс образования почвенных агрегатов вовлекаются не только гранулометрические элементы, но и органическое вещество, питательные вещества и т.д. Исходя из того что процессы образования и разрушения агрегатов протекают на протяжении всего существования почвы, все вещества, которые поступают на поверхность и в толщу почвы, потенциально могут входить в состав почвенных агрегатов. Исследованиями установлено, что образование агрегатов различного размера протекает по-разному (Horn et al., 1994; Medvedev, 1994 и др.), поэтому интенсивность сорбции веществ агрегатами разного размера и генезиса также отличается.

Роль структуры в сорбции почвенным мелкоземом микроорганизмов, обитающих в почве. Именно благодаря формированию структурных агрегатов в почве создаются разнообразные, даже антагонистические, условия. Например, в одном агрегате существуют локализации, где содержится вода, отсутствует и присутствует кислород. Все это обеспечивает одновременное протекание разнонаправленных процессов в почве, а также создает множество экологических ниш для почвенных животных и микроорганизмов. Сорбционные силы почвенных агрегатов определяются их формой, составом минералов и органического вещества, из которых он состоит. Также существенным фактором, влияющим на поглощение почвой и минералами микроорганизмов, оказывается размер почвенных частиц и агрегатов. С уменьшением размерности обычно наблюдается заметное увеличение сорбции микроорганизмов за счет увеличения удельной поверхности сорбента на единицы его веса, большая склонность мелких частиц образовывать агрегаты с клетками микроорганизмов, увеличение содержания вторичных минералов, полуторных оксидов, органических коллоидов при уменьшении размера частиц (Dobrovolsky, Nikitin, 2012).

Структура и информационные функции

Роль структуры в обеспечении функции сигнала для сезонных и других биологических процессов. Данная функция контролируется преимущественно периодически изменяющимися параметрами почвы – ее тепловым, водным, пищевым и солевым режимами (Dobrovolsky, Nikitin, 2006). Как уже отмечалось выше, большинство почвенных режимов в большой степени определяется именно структурным составом почв. При этом чем устойчивее это структурное состояние, тем, как правило, наблюдается более сглаженные и постепенные изменения почвенных режимов. Наибольшее значение в обеспечении этой функции имеет тепловой режим. Исходя из того что поровое пространство между агрегатами, его размеры и форма определяются преимущественно структурным состоянием почвы, тепловой режим почвы также во многом зависит от структуры почвы.

Роль структуры в регуляции численности и состава биоценозов.

Структурное состояние почв естественных биогеоценозов является довольно устойчивой величиной во времени, но в пространстве этот фактор может значительно меняться на небольших территориях. Данная пространственная неоднородность почвы взаимообусловлена с неоднородностью других компонентов биогеоценозов. При этом существует определенная взаимосвязь между особенностями почвенной структуры и растениями, которые произрастают на данной почве. Это утверждение правомерно также для почвенных животных, при этом взаимосвязь между структурой и почвенными организмами повышается при уменьшении размеров последних.

Роль структуры в запуске некоторых сукцессий. Большое значение в данном случае имеет ухудшение структурного состояния почвы, которое может сопровождаться перестройкой структуры всего биогеоценоза. Такая ситуация возможна при интенсификации процессов эрозии, когда происходит смыв и выдувание верхнего горизонта, в результате чего почва теряет значительные запасы органического вещества и питательных веществ, что приводит к разрушению ценной почвенной структуры. В дальнейшем из-за изменения условий местопроизрастания характерные для биогеоценоза виды могут вытесняться организмами, которые оказались более приспособленными к изменившимся условиям.

Роль структуры в обеспечении «памяти» биогеоценоза. В соответствии с концепцией В. О. Таргульяна и И. А. Соколова (Targulian, Sokolov, 1976) о двуединице природы почвы почвенное тело состоит из почвы-памяти – комплекса устойчивых свойств и признаков, возникающих в ходе всей истории ее развития, и почвы-момента – совокупности наиболее изменчивых процессов и свойств почвы в момент наблюдения. Почвенная структура верхних горизонтов относится к характеристикам почвы-момента, поскольку ее формирование непосредственно связано с существующими факторами почвообразования. Почвенная структура нижних горизонтов, в особенности погребенных горизонтов, является одной из характеристик почвы-памяти, поскольку отображает особенности факторов почвообразования в течение длительных периодов времени формирования всего профиля данной почвы.

Структура и целостные функции

Роль структуры в трансформации вещества и энергии, находящихся или поступающих в биогеоценоз. При агрегации почвенного материала происходит постоянное преобразование минералов, гранулометрических элементов, органического вещества и других составляющих частей почвы. Максимальное количество энергии, связанное с органическим веществом, содержится в структурных агрегатах верхнего почвенного горизонта, для которого характерны максимально интенсивные процессы гумификации и структурообразования.

Роль структуры в проявлении санитарной функции почв. В проявлении данной функции почв, как отмечают Г. В. Добровольский и Е. Д. Никитин (Dobrovolsky, Nikitin, 2006), отмечаются три основных аспекта. Первый аспект связан с участием почвенных организмов в деструкции поступающих на поверхность органических остатков. Вторым важным аспектом санитарной функции почвы обусловлен ее антисептическими свойствами, лимитирующими развитие в ней болезнетворных микроорганизмов. Третий аспект связан с разрушением почвенными микробами продуктов обмена живых организмов (Dobrovolsky, Nikitin, 2012). При этом все отмеченные аспекты санитарной функции почв максимального проявления достигают при благоприятном структурном состоянии, которое обеспечивает гармоничное сочетание в почвенных агрегатах воздушной и водной сред, анаэробных и аэробных условий.

Роль структуры в обеспечении функции защитного и буферного биогеоценотического экрана. Наиболее полно и целостно данная функция проявляется у почв естественных биогеоценозов с благоприятной и устойчивой структурой, за счет которой обеспечивается защита биогеоценозов от механического разрушения под действием различных факторов (например, воды, ветра, силы тяжести). Все это обеспечивается такими свойствами почвы, как способность противостоять водной и ветровой эрозии, удерживать растения в вертикальном положении (Dobrovolsky, Nikitin, 2006).

Таким образом, структурно-агрегатный состав имеет важное экологическое значение в обеспечении биогеоценологических функций почв, однако еще многие аспекты этих взаимосвязей в настоящее время нуждаются в детальных исследованиях, которые относятся к области экологической физики почв (Gorban, 2015).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Belova, N. A., Travleyev, A. P., 1999. Estestvennye lesa i stepnye pochvy (ecologiya, mikromorfologiya, genesis), 1999 [Forest and steppe soils (ecology, micromorphology, genesis)]. Dnipropetrovsk (in Russian).
- Cherednichenko, I. V., 2015. Strukturno-agregatnyy sklad chornozemu tipovogo za riznykh system udobrennia [Structure-aggregate composition typical chernozem under different fertilized systems]. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Seria «Soil science, agrochemistry, farming, forestry, ecology of soils», 1, 60–65 (in Ukrainian).
- Degtyarev, V. V., 2011. Humus chornozemiv livoberezhnogo Lisostepu i Stepu Ukrainy [Humus of chernozems of left-bank forest-steppe and steppe of Ukraine]. Majdan, Kharkiv (in Ukrainian).
- Del Fabbro, C., Prati, D., 2015. The relative importance of immediate allelopathy and allelopathic legacy in invasive plant species. Basic and Applied Ecology 16(1), 28–35.
- Desyatnik, K. O., 2015. Rol kaltsiyu v optymizatsii pokaznykiv rodyuchosti ta umov isnuvannia pedobiontiv u chornozemi opidzolenomu [Role of calcium in optimization of fertility parameters and conditions of pedobiont existence in chernozems podzolized]. Gruntoznavstvo. 16(1–2), 52–59 (in Ukrainian).
- Dobrovolsky, G. V., Nikitin, E. D., 1986. Ekologicheskie funktsii pochv [Ecological functions of soils], Moscow University Press, Moscow (in Russian).
- Dobrovolsky, G. V., Nikitin, E. D., 2006. Ekologiya pochv [Ecology of soils], Moscow University Press, Science, Moscow (in Russian).
- Dobrovolsky, G. V., Nikitin, E. D., 2012. Ekologiya pochv [Ecology of soils], Moscow University Press, Moscow (in Russian).
- Gorban, V. A., 2015. Ekologicheskaia fizika pochv kak razdel ekologicheskogo pochvovedeniia [Ecological soil physics as section of ecological soil science]. Ecology and noospherology 26(3–4), 96–105 (in Russian).
- Gorban, V. A., 2008. Spivvidnoshennya ekolohichnykh funktsiy gruntiv ta ikh ekolohichnykh vlastyvostei [Ecological functions and properties of soils and their correlations], Gruntoznavstvo, 9, 1-2, 124–127 (in Ukrainian).
- Gorban, V. A., Strygina, T. A., Mandrygelia, M. V., 2016. Osoblyvosti strukturno-agregatnogo skladu chornozemiv lisovykh bayraku Glybokogo [Features of structural-aggregate condition of forest chernozems in Hlyboky ravine]. Gruntoznavstvo. 17(1-2), 65–73 (in Ukrainian).
- Horn, R., Taubner, H., Wuttke, M., Baumgartl, T., 1994. Soil physical properties related to soil structure. Soil & Tillage Research 30, 187–216.
- Ivanko, I. A., 2004. Vlianie tipa svetovoy struktury lesnykh kulturbiogeotsenozov na napriazhennost kornevoj konkurentsii drevesnykh i travianistykh vidov [Influence of the type of light structure of forest cultural biogeocenosis on tensions root competition woody and herbaceous species]. The issues of steppe forest and forest land reclamation 8, 120–128 (in Russian).
- Karpachevsky, L. O., 2005. Ekologicheskoe pochvovedenie [Ecological soil science], GEOS, Moscow (in Russian).
- Krylach, S. I., 2016. Vplyv agrofizychnykh vlastyvostey posivnogo sharu chornozemu tipovogo na prorostannia nasinnia silskogospodarskykh kultur [The impact of agrophysical properties of sowing layer of typical chernozem on the germination of

- seed crops]. Avtoref. dis. ... cand. silsk. nauk. Kharkiv (in Ukrainian).
- Kulbachko, Yu. L., 2006. Vlianie vesennego polovodia na vertikalnoe raspredelenie pochvennykh bespozvonochnykh v priruslovoj pojme r. Samara [Influence of spring floods on the vertical distribution of soil invertebrates in the riverbed floodplain of river Samara]. Visnyk of Dnipropetrovsk University. Biology, ecology 14(1), 96–100 (in Russian).
- Maltseva, I. A., 2005. Gruntovi vodorosti bayrachnykh lisiv stepovoi zony Ukrainy [Soil algae gullies forest steppe zone of Ukraine]. Ecology and noospherology. 16(3–4), 150–156 (in Ukrainian).
- Manaenkov, I. V., Zubkova, T. A., Karpachevskii, L. O., 1997. Mekhanicheskaiia prochnost pochvennykh agregatov raznoj formy [Mechanical resistance of differently shaped peds]. Eurasian Soil Science 12, 1438–1444 (in Russian).
- Medvedev, V. V., 1994. Mekhanizmy obrazovaniia makroagregatov chernozemov [Mechanisms of microaggregates formation in chernozems]. Eurasian Soil Science 11, 24–30 (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2008. Struktura pochvy (metody, genesis, klassifikatsiia, evolyutsiia, geografiia, monitoring, okhrana) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. Kharkov, 13 tipografiia (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2009. Struktura gruntu iak ekolohichniy chynnyk [Soil structure as ecological factor]. Visnyk KhNAU 3, 25–31 (in Ukrainian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. N., 2011. Granulometricheskij sostav pochv Ukrainy (geneticheskij, ekologicheskij i agronomicheskij aspekty) [Texture of Ukrainian Soils (genetic, environmental and agronomical aspects)], Apostrof, Kharkiv (in Russian).
- Monreal, C. M., Schnitzer, M., Schulten, H.-R., Campbell, C. A., Anderson, D. W., 1995. Soil organic structures in macro and microaggregates of a cultivated brown chernozem. Soil Biol. Biochem. 27(6), 845–853.
- Panasenko, O. S., 2015. Kompleksna rol koloidnykh form gumusu, vlasne gumusovykh rečovyn i detrytu v utvorenni mikro- i makroagregativ chornozemiv [The complex role of colloidal form of humus, actual humic substances and detritus in the formation of micro- and macrostructural units of mollic soils]. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. Seria «Soil science, agrochemistry, farming, forestry, ecology of soils», 1, 33–40 (in Ukrainian).
- Pituello, C., Ferro, N. D., Simonetti, G., Berti, A., Morari, F., 2016. Nano to macro pore structure changes induced by long-term residue management in three different soils. Agriculture, Ecosystems and Environment 217, 49–58.
- Semenov, V. M., Ivannikova, L. A., Semenova, N. A., Khodzhaeva, A. K., Udaltsov, S. N., 2010. Mineralizatsiia organicheskogo veshstva v raznykh po razmeru agregatnykh fraktsiiah pochvy [The mineralization of organic matter in different size fractions of soil aggregates]. Eurasian Soil Science 2, 157–165 (in Russian).
- Shein, E. V., Milanovskii, E. Yu., 2003. Rol i znachenie organicheskogo veshstva v obrazovanii i ustojchivosti pochvennykh agregatov [The role of organic matter in the formation and stability of soil aggregates]. Eurasian Soil Science 1, 53–61 (in Russian).
- Targulian, V. O., Sokolov, I. A., 1976. Strukturniy i funktsionalniy podkhod k pochve: pochva-pamiat i pochva-moment [Structural and functional approach to the soil: the soil-memory and the soil-moment]. Mathematical modeling in ecology. Nauka, Moscow, 17–34 (in Russian).
- Voronin, A. D., 1986. Osnovy fiziki pochv [Basics of soil physics], Moscow University Press, Moscow (in Russian).

Стаття надійшла в редакцію 07.10.2016