

---

# THEORETICAL ISSUES OF SOIL SCIENCE

---

---



V. V. Medvedev✉ Academician of NAAS  
of Ukraine,  
Dr. Sci. (Biol.), Professor

UDK 631.45

---

*National Scientific Centre «O. N. Sokolovsky Institute  
for Soil Science and Agrochemistry»,  
Chaikovska str., 4, 61024, Kharkov, Ukraine*

---

## THE CONTENTS AND LAWS OF SOIL ANTHROPOGENOUS EVOLUTION

**Abstract.** Long soil ploughed up are typical polygenetic formations as in their formation alongside with natural the significant role is played with anthropogenous factors. Under action of mechanical, chemical, reclamative and other kinds influences natural soils lose inherent in them a structure, properties and modes. Anisotropism, spatial heterogeneity, preferential descending and ascending streams of a moisture amplify, new types of horizontal and vertical soil structures are formed, grows the equilibrium bulk density, consolidation and quantity of false aggregates, the structure pore spaces changes, obvious braking processes of aggregation is marked, ability to convertibility of properties and modes as the basic condition of counteraction of degradation processes is lost, rhythmic of soil formation due to activization relax processes is broken characteristic for natural soil. Significant changes occur in thin dispersed mineral and organic parts. The total humus decreases, its lability increases, is observed claying, because of increase in depth of watering and lowering of carbonates level it is locally marked acidification. As a result it is ascertained, that in conditions of unbalanced and poor-quality land tenure even simple reproduction of soil fertility is impossible, and an equilibrium (stable) condition of soil properties and modes – more likely wrongly generated on the basis of not enough long-term researches. As a result of anthropogenous evolution for rather short historical time interval the new body – anthropogenous transformed soils was generated. This fact demands reflection in soil classification and correctives in studying, management of their fertility and use. Possible scripts of the further anthropogenous soil evolution are discussed: the degradation, a seeming balance and "reasonable" precise agriculture.

Degradation (degradation) – the most probable script at preservation of modern unbalanced and poor-quality agriculture. Degradation in these conditions can gradually become the factor forming an agrisoil. A seeming balance (seeming equilibrium, balance). – the least probable script. Seeming because it is characteristic for short-term prospect, but in conditions of long scarce balance elements and excessive mechanical loading soil evolution cannot be equilibrium. Steady development - the script to which it is necessary to aspire ("reasonable" agriculture - intelligence agriculture). The script on immediate prospects – instead of the zone generalized technologies – exact agriculture (precise agriculture) in view of spatial diversity, history of a field and a stage of its anthropogenous evolution.

---

✉ Tel.: +038057-704-16-69. E-mail: vmedvedev@ukr.net

DOI: 10.15421/041402

ISSN 1684–9094. Gruntoznavstvo. 2014. Vol. 15, no. 1–2

17

The organization of researches is necessary for realization of the favorable script of anthropogenous soil evolution with use of modes in situ and on-line, landscape soil-ecological ranges, complex stationary experiences with application of methods of planning of experiment, use of effective methods of forecasting of soil processes and as a whole exemplary system of scientific monitoring. Uncontrolled soil use in the country should not be.

**Keywords:** *evolution, degradation, anthropogenous transformed soils, methodology of studying and management.*

УДК 631.45

**В. В. Медведєв**

акад. НААН України,  
д-р біол. наук, проф.

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, 61024, м. Харків, Україна,  
тел.: +038057-704-16-69, e-mail: vvmедvedev@ukr.net*

### **ЗМІСТ І ЗАКОНОМІРНОСТІ АНТРОПОГЕННОЇ ЕВОЛЮЦІЇ ҐРУНТІВ**

Ґрунти, що тривалий час розорюються, є типовими полігенетичними утвореннями, тому що в їхньому формуванні поряд із природними значну роль відіграють антропогенні фактори. Під дією механічного, хімічного, меліоративного й іншого видів впливів природні ґрунти втрачають властиві їм будову, властивості й режими. Підсилюються анізотропність, просторова гетерогенність, преференційні спадні й висхідні потоки вологи, формуються нові типи горизонтальних і вертикальних ґрунтових профілів, зростає рівноважна щільність, консолідація й кількість помилкових агрегатів, змінюється структура порового простору, відзначається очевидне гальмування процесів агрегації, втрачається здатність до оборотності властивостей і режимів як основна умова протидії деградаційним процесам, порушується характерна для природного ґрунту ритміка ґрунтоутворення за рахунок активізації релаксаційних процесів. Значні зміни відбуваються в дрібнодисперсній мінеральній і органічній частинах. Зменшується загальна кількість гумусу, зростає його лабільність, спостерігається оглинення, через збільшення глибини промочування й опускання рівня карбонатів локально відзначається підкислення. У підсумку констатується, що в умовах незбалансованого й неякісного землекористування навіть просте відтворення родючості ґрунтів неможливе, а рівноважний (стабільний) стан властивостей і режимів ґрунтів, що інколи констатується у літературі, – скоріше помилкове твердження, бо сформоване на підставі недостатньо довгострокових досліджень. У результаті антропогенної еволюції за відносно короткий історичний проміжок часу сформувалося нове тіло – антропогенно перетворений ґрунт. Цей факт вимагає відбиття в класифікації ґрунтів і корективів у вивченні, управлінні їхньою родючістю й використанні. Обговорено можливі сценарії подальшої антропогенної еволюції ґрунтів: деградація, удавана рівновага й «розумне» точне землеробство.

**Ключові слова:** *еволюція, деградація, антропогенно перетворений ґрунт, методологія вивчення й управління.*

УДК 631.45

**В. В. Медведєв**

акад. НААН України,  
д-р біол. наук, проф.

*Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии  
им. А. Н. Соколовского», ул. Чайковская, 4, 61024, г. Харьков, Украина,  
тел.: +038057-704-16-69, e-mail: vvmедvedev@ukr.net*

### **СОДЕРЖАНИЕ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ**

Длительно распахиваемые почвы являются типичными полигенетическими образованиями, ибо в их формировании наряду с природными значительную роль играют антропогенные факторы. Под действием механического, химического, меліоративного и других видов воздействий природные почвы теряют присущие им строение, свойства и режимы. Усиливаются анізотропность, пространственная гетерогенность, преференциальные нисходящие и восходящие потоки влаги, формируются новые типы горизонтальных и

вертикальных почвенных профилей, растет равновесная плотность, консолидация и количество ложных агрегатов, изменяется структура порового пространства, отмечается очевидное торможение процессов агрегации, теряется способность к обратимости свойств и режимов как основное условие противодействия деградационным процессам, нарушается характерная для природной почвы ритмика почвообразования за счет активизации релаксационных процессов. Значительные изменения происходят в тонкодисперсной минеральной и органической частях. Уменьшается общее количество гумуса, возрастает его лабильность, наблюдается оглинение, из-за увеличения глубины промачивания и опускания уровня карбонатов локально отмечается подкисление. В итоге констатируется, что в условиях несбалансированного и некачественного землепользования даже простое воспроизводство плодородия почв невозможно, а равновесное (стабильное) состояние свойств и режимов почв, которое нередко констатируется в литературе, скорее всего, ошибочно, ибо сформировано на основании недостаточно долговременных исследований. В результате антропогенной эволюции за относительно короткий исторический промежуток времени сформировалось новое тело – антропогенно преобразованная почва. Этот факт требует отражения в классификации почв и корректив в изучении, управлении их плодородием и использовании. Обсуждены возможные сценарии дальнейшей антропогенной эволюции почв: деградация, кажущееся равновесие и «разумное» точное земледелие.

**Ключевые слова:** эволюция, деградация, антропогенно преобразованная почва, методология изучения и управления.

## ВВЕДЕНИЕ

Хотя антропогенный фактор давно отнесен к факторам почвообразования, до сих пор не ясно, каково его место в ряду других факторов. Является ли он таким же равноправным, как и факторы, обозначенные В. В. Докучаевым, или нет? Без особого риска ошибиться, скажем, что постепенно его роль усиливается. Более того, в ряде классификаций (например, России, Белоруси, других стран) этот факт признан и появились антропогенно преобразованные почвы, или агроземы. Подобные предложения имеются и в Украине (Tichonenko, 2012). Однако в классификации почв Украины (Polupan et al., 2005) всего лишь допускается возможность корректировки основного процесса для длительно используемой почвы на уровне варианта без изменения основной природной направленности почвообразования. Еще ранее примерно также трактовали процесс окультуривания А. М. Гринченко и др. (Grinchenko et al., 1965). В их интерпретации окультуривание означало возможность сохранения и даже улучшения агрономически важных свойств почв в условиях длительного рационального использования при неизменности основного типа природного почвообразования.

Нами, начиная с 60-х годов минувшего столетия, проводились сравнительные исследования преимущественно черноземных почв, находящихся в различных условиях использования – от абсолютно заповедной целины до вариантов в производственных и опытных условиях, где применяли разнообразные агроприемы. Изучали основные свойства и режимы, в результате был накоплен значительный массив информации. В настоящей статье сделана попытка сформулировать закономерности антропогенной трансформации распахиваемых почв и, кроме того, обосновать, полагаем, усовершенствованные подходы к изучению старопашотных почв, в которых строение и свойства изменены по сравнению с природными почвами, почв, находящихся в условиях иной ритмики процессов почвообразования, и тем самым уточнить содержание их научного мониторинга.

### **Строение, свойства и режимы антропогенно трансформированных почв**

*Факторы антропогенной эволюции.* Механический, химический, мелиоративный пресс на почвенный покров, нарушение природного баланса веществ и энергии, ослабление устойчивости почвенного покрова из-за чрезмерной распашки

и недостатка стабилизирующих ландшафт лесов и пастбищ, а также развитие урбанизации, промышленных зон и другие воздействия – основные факторы антропогенной эволюции почв. Как покажем далее, под действием перечисленных факторов природные почвы изменяют свое строение, свойства и режимы и постепенно трансформируются в новые тела природно-антропогенного (полигенетического) происхождения.

*Оглинивание* – вероятно, начальная стадия преобразования почв под действием обработки. Одним из первых на возможность оглинивания в черноземах (генетически недифференцированных почвах) под действием длительного сельскохозяйственного использования обратил внимание И. А. Крупеников (Krupenikov, 1978), в дальнейшем существование оглинивания в черноземных почвах обнаружили Ф. Ш. Гарифуллин (Garifullin, 1979), А. В. Королев (Korolev, 2008). В нашей работе (Medvedev, 1988) этот процесс также нашел свое подтверждение. Правда, по результатам гранулометрического анализа трудно было доказать повышение содержания ила в длительно распаханной пашне по сравнению с абсолютно заповедной целиной. Однако, если определить удельную поверхность почвы по сорбции молекул воды из пара с упругостью 0,2 (по Кутилеку), суммарную активную поверхность (по сорбции воды из паров с упругостью от 0,35 до 0,98 в соответствии с рядом Обермиллера) и ультрапористость (по сорбции молекул бензола – неполярная жидкость – при упругости его паров от 0,23 до 0,8 кПа), то можно получить доказательства изменения качества поверхности почв после длительной обработки. Как известно, названные жидкости достаточно хорошо отражают даже небольшие изменения состояния поверхности почвы. При этом по сорбции влаги можно получить наиболее адекватное представление о величине поверхности почвы (Voronin, 1959), по сорбции бензола – о ее ультрапористости (Antipov-Karataev et al., 1948), а при сопоставлении этих данных (при одинаковом рF) – о гидрофильности и гидрофобности почв как сорбентов (эластичности или жесткости их структуры). Оказалось, что черноземы представляют собой преимущественно сорбенты нежесткой эластичной структуры, потому что последняя изменяется в процессе самой сорбции (Medvedev, 1988).

*Новые горизонтальные и вертикальные профили антропогенных почв.* Из-за особенностей технологии выращивания сельскохозяйственных культур, разворотов и загрузки-разгрузки транспортных средств, сеялок, удобрителей и комбайнов на краях полей эти участки поля постоянно подвергаются более сильному воздействию ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, в результате чего они переуплотняются. Именно здесь почвы постепенно теряют обратимость и способность восстанавливать присущие им модальные параметры. Эти процессы, наряду с изменениями в микрорельефе, который способствует перераспределению влаги и внесенных удобрений, усиливают пространственную пестроту поля. Например, коэффициент горизонтальной пространственной пестроты содержания подвижного фосфора на земельной распаханной делянке в Лесостепи достигает 0,56, в то время как на такой же целинной делянке – лишь 0,09. Важно также, что, по нашим наблюдениям, именно на краях полей формируется более упрочненная и более глубокая плужная подошва. Твердость в ней иногда превышает 30 кгс/см<sup>2</sup>, что существенно ограничивает рост корней в глубину и тем самым снижает адаптивные возможности растений к недостатку влаги. В результате на давней пашне почти всегда отмечается пестрополье.

Аналогичное переуплотняющее воздействие МТА на почву отмечается в пониженных частях поля, где выше увлажнение и где вследствие этого сильнее проявляется уплотнение. Различия в величине равновесной плотности сложения и твердости на различных частях поля достаточно значительны. Одновременно за 30-летний период наблюдений отмечалось достоверное увеличение мощности плужной подошвы с 30–40 до глубины 70 см (Medvedev, 2011).

Таким образом, на давно распахиваемой земельной делюнке постепенно формируются новые горизонтальные и вертикальные профили, причем пространственная гетерогенизация почв возрастает со временем (Medvedev, 2012).

Возрастание пространственной неоднородности является следствием усиления анизотропности, которая отмечается уже на уровне строения отдельного агрегата. Последний постепенно трансформируется от изотропного многопорядкового на целине к анизотропному агрегату с низкой порядковостью и пористостью на пашне. Наблюдается сближение форм структуры у генетически различных почв при условии их длительной распашки. Агрегат длительной пашни характеризуется ложной водоустойчивостью, ибо при длительном воздействии влаги, или при слакировании (внезапном переувлажнении), распадается на микроагрегаты.

*Физическая деградация почв* рассматривается главным образом как процесс, приводящий к переуплотнению почвы, потере структуры, ее качества, образованию в поверхностном слое глыб, корки и трещин, а в основании пахотного слоя – плужной подошвы. Диагностические признаки деградации – упрощение морфологии структуры и порового пространства, устойчивое повышение равновесной плотности, снижение меж- и особенно внутриагрегатной пористости, формирование нехарактерных для природных почв преференциальных потоков влаги. Основной причиной физической деградации является превышение уровня механической загрузки способности почв к восстановлению модальных параметров структуры, свойств и режимов.

К сожалению, глыбистость давно распахиваемой почвы становится ее почти обязательной характеристикой, в отличие от целины, где глыб не бывает никогда. Глыба является примером ложной агрономически бесполезной структуры. Напомним, что отрицательное влияние глыб очевидно. В глыбистой пашне невозможно создать достаточный запас доступной влаги - она либо проваливается в нижние слои почвенного профиля, либо испаряется. Невозможно осуществить качественный сев полевой культуры. Всходы растений получают недружными, а их развитие неравномерное. Для разрушения глыб нужны дополнительные обработки и затраты. Как показал П. У. Бахтин (Bakhtin, 1969), даже небольшое отклонение влажности в момент обработки от влажности физической спелости приводит к образованию глыб. Именно поэтому свыше 82 % пахотных почв страны образуют глыбы, причем около 12 % пашни склонны к этому в значительной степени (Medvedev, 2008). Географически – это солонцеватые почвы сухой Степи, Винницкий остров эродированных серых оподзоленных почв, оглеенные почвы Предкарпатья и Закарпатья, а также повсеместно многие регионы Лесостепи и Степи. Это явление характерно почти для всех почв, исключая песчаные и супесчаные разновидности. В Степи Украины, где время пребывания почвы в состоянии физической спелости очень непродолжительно, вероятность образования глыб при обработке значительно возрастает.

Возникает новое явление – консолидация агрегатов и уменьшение внутриагрегатной пористости, которая ухудшает условия водно-минерального питания растений.

Плотность суглинистой черноземной почвы на целине составляет приблизительно 1,0–1,1 г/см<sup>3</sup>, такого же распахиваемого чернозема – в диапазоне от 0,8–0,9 непосредственно после обработки до 1,15–1,35 г/см<sup>3</sup> – в равновесном состоянии. Период уравнивания (релаксации) в зависимости от агрофона и осадков длится от нескольких дней до 2-х недель. В этот период становится особенно заметной динамика водно-воздушных и биологических свойств почвы, зависящая от плотности сложения. Вследствие низкой плотности и влажности, близкой к физической спелости, весной существует реальная угроза переуплотнения всех без исключения почв. Она намного сильнее выражена в черноземах, чем в иных почвах (Medvedev, 2013).

Если чернозем типичный и чернозем обыкновенный среднесуглинистого грансостава обрабатывают в состоянии физической спелости, выход структур агрономически полезного размера (10–0,25 мм) лишь ненамного меньше оптимальных параметров – 60–80 %. Но даже незначительное уплотнение или отклонение от влажности физической спелости существенным образом ухудшает качество обработки.

Водоустойчивость макроагрегатов черноземов на целине, как правило, достигает 70–80 %, а в условиях пашни – не выше 50 %, что является следствием потери органического вещества при постоянном рыхлении почвы и преобладании аэробных микроорганизмов. Уменьшение такой важной характеристики чернозема, какой является водоустойчивость, однозначно свидетельствует о существовании в старопахотных черноземах процессов физической деградации. Об этом же свидетельствует уменьшение потенциала агрегации на пашне в сравнении с целиной. Снижение достигает 25 % (Medvedev, 2008).

*Преференциальные потоки влаги* (или провальная фильтрация по крупным порам) формируются в давно обрабатываемой почве за счет присутствия в ней глыбистых отдельностей. Именно за счет глыбистости влага атмосферных осадков по крупным порам проваливается вглубь профиля. Как показывают сравнительное исследование фильтрационной способности различных структурных фракций, для почти мгновенного нисходящего передвижения влаги нужно всего лишь небольшое количество глыбистых отдельностей и соответственно крупных пор. Причем, если в обрабатываемом слое преференциальные потоки формируются за счет глыбистых отдельностей, то в глубине профиля – за счет крупных пор биологического происхождения (Medvedev et al., 2003). В этом исследовании подтверждена экспоненциальная связь, то есть, многократное нарастание фильтрации, как только в почве появляется лишь небольшое количество глыб (Verzhinin, 1959).

Вполне обоснованно к преференциальным можно отнести и восходящие потоки влаги, которые приводят к непроизводительным потерям продуктивной влаги в результате процессов физического испарения. И опять-таки этому содействуют глыбы в поверхностном слое (Medvedev et al., 2004; Medvedev, 2008). Следовательно, под влиянием длительной механической обработки и почти неизбежного обесструктурирования почвы при этом ее водный режим ухудшается.

*Химическая деградация почв.* Содержание общего гумуса в пахотном слое почвы всех почв, по разным данным, на 20–50 % ниже, чем в их целинных аналогах (Medvedev, 2012). Не менее важен другой аспект – потери гумуса, являющиеся характерными для несбалансированного землепользования. И вдобавок, дефицитный баланс органического вещества фактически длится на распахиваемых почвах с момента их освоения. В результате почвы деградируют, и это является общепризнанным фактом. Исчезла характерная полоса повышенного содержания гумуса в черноземах, которая образует своеобразную ось с юго-запада на северо-восток (Одесская, Кировоградская, Полтавская и Харьковская области). Как известно, северная граница этой полосы совпадает с барометрическим максимумом, который разделяет территорию Украины на две части: северо-западную увлажненную и более прохладную, и юго-восточную, более теплую и засушливую. По данным НВЦ охраны плодородия почв и качества продукции Минагрополитики и продовольствия, ежегодные потери гумуса в период 1965–1990 гг. достигали 1, теперь – около 0,5 т/га в год (Metodychni vkazivky..., 2011). Вследствие уменьшения количества органического вещества и его лабилизации по сравнению с природным черноземом старопахотный чернозем, как уже было упомянуто, обесструктурируется, и, кроме того, уменьшается его противоэрозионная устойчивость.

*Обратимость почв* – важное свойство почвы, означающее ее способность восстанавливать характерные для нее модальные (наиболее вероятные для данных местных условий) параметры после снятия механической или химической нагрузки.

Есть все основания полагать, что длительно распахиваемая почва потеряла свою обратимость, ибо новые параметры стали устойчивыми. Фактически такая почва приобрела иной морфологический профиль, иные свойства и режимы. Правда, точнее, новые признаки нужно назвать квазиустойчивыми, ибо, если распахиваемую почву вывести из пашни и ренатурализовать на достаточно длительный срок, ее свойства восстанавливаются. Об этом свидетельствуют наблюдения свойств черноземных почв, находившихся в течение 15–25 лет в условиях залежи (Medvedev, 2008). В пользу этой же возможности свидетельствуют наблюдения за почвой, побывавшей в течение такого же времени в условиях нулевой обработки, как это было продемонстрировано в условиях Аргентины и Бразилии (Medvedev, 2010). В такой почве практически отсутствуют некогда активные эрозионные проявления и другие признаки деградации. Вот почему так важно длительно распахиваемые почвы, приобретшие явные признаки деградации и потерявшие хозяйственную ценность, вывести из пашни. Это будет чрезвычайно важный шаг к оздоровлению почв и окружающей природной среды.

Снижение содержания в распахиваемых почвах гумуса и кальция неизбежно приводят к торможению процессов агрегации. Если рассчитать, сколько приходится агрегатов агрономически полезного размера и какова их водоустойчивость на 10% физической глины на целине и на пашне, то есть, своеобразный норматив агрегации для условий упрощенной линейной модели, то будет найдена существенная разница. Для черноземов типичных и обыкновенных суглинистого грансостава соответственно 1,75 и 1,60 для структурных агрегатов размером от 10,0 до 0,25 мм и 1,60 и 1,00 – для водоустойчивых агрегатов крупнее 0,25 мм. При получении этих данных мы воспользовались экспериментальными материалами, обобщенными в работе В. В. Медведева (Medvedev, 2008). Из этих результатов следует, что в результате длительной обработки явно заметно тормозится образование структуры и еще существеннее снижается ее качество.

Оптимальная реакция почвенной среды для зерновых культур находится, как известно, в интервале 6,0–6,8. Именно такой интервал кислотности характерен для почти всех черноземов и, главным образом, является следствием того, что эти почвы развиваются на лессовых, обогащенных кальцием, породах и в условиях непромывного водного режима. Лишь там, где наблюдается потеря кальция, происходит слабое подкисление черноземов, особенно заметно возрастает гидролитическая кислотность (Nosko et al., 1988) и становится эффективным внесение кальциевых мелиорантов или отходов производства подобного химического состава (Grinchenko, 1984). Процессы подкисления черноземов типичных отмечены по данным агрохимической паспортизации в Черкасской и Сумской областях (Medvedev, 2012).

#### **Сценарии дальнейшей антропогенной эволюции почв:**

- деградация (degradation) – наиболее вероятный сценарий при сохранении современного несбалансированного и некачественного земледелия. Деградация в этих условиях постепенно может стать фактором, формирующим агропочву;
- кажущееся равновесие (seeming equilibrium, balance) – наименее вероятный сценарий. Кажущееся потому, что характерно для краткосрочной перспективы, но в условиях длительного дефицитного баланса биофильных элементов и чрезмерной механической нагрузки эволюция почв не может быть равновесной;
- устойчивое развитие – сценарий, к которому следует стремиться («разумное» земледелие – intelligence agriculture);
- сценарий на ближайшую перспективу – вместо зональных обобщенных технологий – точное земледелие (precise agriculture) с учетом пространственной пестроты, истории поля и этапа его антропогенной эволюции.

*О воспроизводстве и «равновесии» плодородия почв в современном земледелии.* Первые научные заключения об ухудшении свойств почв в условиях длительной распашки были сделаны классиками отечественного и зарубежного почвоведения и земледелия еще свыше 100 лет тому назад (Dokuchaev, 1953; Russell, 1955). Они констатировали резкое ухудшение физических свойств почв, потерю органического вещества, усиление эрозионных процессов в пахотных почвах по сравнению с целиной. Уже тогда система земледелия была признана непригодной, требующей замены. Теперь, после того как стали относительно регулярно рассчитывать баланс питательных веществ в производственных условиях, получили данные об изменении свойств и режимов почв при применении обработки, агрохимикатов, орошения и осушения прозорливые высказывания классиков были подтверждены. Более того, стало ясно, что равновесия в плодородии почв на данном этапе развития земледелия, остающегося несбалансированным и некачественным, достичь невозможно. Для этого всего лишь достаточно ознакомиться с данными агрохимической паспортизации, данными Госводагенства и научных институтов НААНУ, обобщенных нами (Medvedev, 2012). Оказалось, что наиболее характерными процессами в изменении почв за последние 40–50 лет являются:

- дегумификация распахиваемых почв со скоростью 0,5–5,5 т/га в год (в среднем, как было упомянуто выше, около 1 т/га в год) с тенденцией торможения потерь до конца 80-х гг. прошлого столетия. С 2005 по 2009 г. дегумификация происходила со скоростью 0,42–0,51 т/га в год;
- рост дефицитности баланса подвижных питательных веществ, особенно азота и калия (соответственно –41, 5–56,4 кг/га в 2001 г. и –32,9–64,2 кг/га в 2009 г.);
- подкисление черноземных почв, особенно заметное в некоторых областях лесостепной зоны;
- переуплотнение, особенно заметное в западной Лесостепи и в целом распространенное на 40 % пашни, разрушение структуры, глыбистость и коркообразование;
- эрозионное уменьшение мощности верхнего слоя почвы, которое достигает нескольких сантиметров в черноземных почвах (расчетные данные) и в переосушенных почвах Полесья;
- вторичное осолонцевание и засоление орошаемых почв, сработка торфяников.

Из других отрицательных процессов, развитие которых отмечается локально, укажем на загрязнение (радионуклидами и тяжелыми металлами), заболачивание, подтопление, ожелезнение, окарбоначивание, алюминизацию, аридизацию, подщелачивание и образование соды.

Главная причина деградации – недооценка реальной угрозы, которая формирует это явление для настоящего и особенно – будущих поколений, отсутствие эффективных механизмов выполнения законов об охране почв, несбалансированное и научно необоснованное землепользование. Деградация оказалась довольно сложной проблемой. Для ее преодоления нужна переориентация всех слоев общества, широкая просветительская деятельность, активная пропаганда знаний, постепенное формирование нового отношения к почвам и в особенности к чернозему.

Проблема обострилась вследствие прекращения (фактически с 1991 г.) действия государственной и областных программ охраны земель. По основным параметрам программ до конца 80-х гг. были достигнуты весомые результаты. Однако в последующие годы объемы работ по повышению плодородия почв уменьшились до минимальных величин. Почти не осуществляется агролесомелиорация, значительно уменьшились объемы внесения удобрений, немало почв не обрабатывается, засорено и вообще заброшено. Как следствие, снизилось содержание питательных веществ, почвы стали кислее, ухудшились их физические свойства.



Вероятно, уже в давние времена была известна деградация и даже опустынивание почв под действием сельскохозяйственного использования. Научное объяснение этому явлению можно найти у В. В. Докучаева в его книге «Наши степи прежде и теперь», опубликованной более 120 лет тому назад. Причина неблагоприятного состояния чернозема, писал В. В. Докучаев, в его неразумной беспощадной эксплуатации, разворовывании естественных богатств, а пути к его восстановлению - через просвещенный взгляд и любовь к земле. Под просвещенным взглядом Докучаев имел в виду использование почв в соответствии с физико-географическими, историческими и экономическими условиями, разделение земледельческой территории на сельскохозяйственные районы с разной специализацией, применение мелиораций и, главное, глубокие исследования и союз науки с производством. А под любовью к земле – заботу («жертву») государства и добрую волю землепользователя. Немало слов ученого обращено к государству, которое должно так организовать земледелие, чтобы оно было выгодно для общих нужд, а не отдельных лиц, чтобы были доступны государственные кредиты и чтобы государственные мужи не говорили, что есть более важные нужды. Докучаев предостерегал, что земледельческую деятельность нельзя уподоблять азартной биржевой игре, так как она иногда (как в годы с благоприятной погодой) может дать большую выгоду, а чаще приводит к финансовому и моральному краху. Есть у Докучаева и другие интересные и очень современные рекомендации – и о том, как можно лучше использовать почвы, и об образцовых хозяйствах для распространения нового опыта, и об обязанности помочь больному чернозему как это всегда помогают больному человеку.

В сравнении со временем Докучаева сегодня суть проблем в земледелии принципиально не изменилась. Проведены многочисленные исследования, подтверждающие слова Докучаева, однако земледелие, как и прежде, остается несбалансированным, чрезмерно интенсивным, именно такое земледелие формирует предпосылки для развития процессов деградации.

*Снижение устойчивости почвенного покрова и ее следствия.* Использование пашни с неблагоприятными свойствами почв экономически неэффективно и создает угрозу дальнейшего ухудшения почв вследствие несбалансированности современного земледелия. По данным Г. В. Добровольского и др. (Dobrovolskij et al., 2002), 30 % (а лучше 40 %) территории нужно поддерживать в ненарушенном естественном состоянии. Приблизительно такой же процент земель можно распахивать и только тогда агроландшафт может быть эрозионно устойчивым (Svetlichnyj et al., 2004). По другим данным, между экологостабильными угодьями (лес, пастбище, сенокос, водоем) и угодьями, которые дестабилизируют ландшафт (пашня), должно быть соотношение, по меньшей мере, 1:1 (Guidelines, 1983) и в большинстве стран мира, за исключением Венгрии, Украины, отдельных штатов США и некоторых стран юго-восточной Азии, оно отвечает этим рекомендациям ФАО.

### **Мониторинг распахиваемой почвы**

Острая динамика свойств и сложения и, как результат, динамика основных режимов влаги, воздуха и других характеристик, релаксация как период уравнивания – новые характеристики агропочвы, требующие учета в мониторинге. Кроме того, также требуют тщательного анализа новые явления, присущие распахиваемой почве и вносящие немаловажные особенности в ее поведение. Это так называемый дрейф и инерция (в английской транскрипции lag, или буквально «отставание», запаздывание), или время, в течение которого почва восстанавливает присущие ей модальные характеристики.

Заметим, что об этом времени в литературе пока нет устоявшегося мнения, можно найти самые разнообразные суждения. Например, считается, что почве нужно около 2-х недель с оптимальными условиями температуры и влажности для того,

чтобы достичь максимального (для данной местности) уровня оструктуренности (Litvin and Medvedev, 1974), от нескольких дней до 2-х недель в зависимости от агрофона и осадков – для восстановления равновесной плотности сложения после обработки (Medvedev et al., 2004). Из наблюдений А. М. Гринченко и др. (Grinchenko, 1966) за динамикой содержания гумуса в течение 100 после распашки целины его интенсивное падение продолжалось примерно 12 лет, а через 37 лет оно замедлилось и стало мало заметным. Примерно такие же выводы можно сделать на основании агрохимической паспортизации. Считается, что к началу 90-х годов в Украине после 25 лет интенсивной химизации было достигнуто простое воспроизводство плодородия, так как падение гумуса в почвах резко замедлилось и наступила инерционная фаза (Zubetz et al., 2007). В США, в центральном поясе, где распространены черноземовидные почвы (mollic soils) для этого понадобилось почти 60 лет, так как потери гумуса были в 2 раза интенсивнее, чем в Украине (Lal et al., 1998).

А. В. Смагин (Smagin, 2012), используя оригинальный метод реконструкции динамики развития черноземов, подтвердил, что деградация черноземов не завершается даже после 200 лет их эксплуатации, в последующие годы деградация распространяется на более глубокие горизонты, приводя к постепенной минерализации свыше 70% исходного запаса гумуса. Если в первые 100–200 лет теряется от 30 до 50 %, в дальнейшем процесс продолжается, хотя с более медленной скоростью. Только через 2–3 тысячи лет может сформироваться новое стационарное состояние, соответствующее 3–4-кратному снижению источника гумусовых веществ по сравнению с целиной. Эти исследования доказывают, что, видимо, каждое свойство почвы в зависимости от его варибельности во времени, может иметь индивидуальное время для установления равновесия. Кроме того, из этих данных следует, что равновесие может быть только кажущимся.

Какие же выводы можно сделать из этой довольно разноречивой информации?

Почва имеет несколько механизмов, позволяющих ей противостоять антропогенному вмешательству. Это биологический механизм, то есть, способность к самоочищению, и физико-механический механизм, раскрывающий суть таких процессов поддержания свойств почв как буферность, адсорбция, барьерная функция. Благодаря существованию этих механизмов почва способна уменьшать негативные последствия ксенобиотического вмешательства, к которым относится распашка. Любая почва имеет определенную емкость сопротивления, после превышения которой необратимо (?) деградирует.

В почве действует постоянно обновляемая система обеспечения свежим органическим веществом, которое частично минерализуется, а частично превращается в гумус, а затем вновь минерализуется. В этом процессе важно то, что не иссякает источник гумуса как «строителя» структуры и ответственного за сохранение физического состояния почвы.

При помощи биогеохимического круговорота, нисходящих и восходящих потоков в природных почвах поддерживается постоянный вещественный состав во времени (Kovda, 1973). В отношении постоянства состава почв уместно подчеркнуть его относительность, ибо почву следует считать развивающимся во времени парабиотическим (почти живым) объектом (Sokolovsky, 1956). Постоянство вещественного состава – также важный фактор постоянства свойств и режимов.

Биоразнообразие почвенного покрова – ничто иное, как своеобразный механизм поддержания почв и границ между ними в пространстве. Пестрота почвенного покрова в природных условиях поддерживается неопределенно долго, пока не происходят существенные пространственные трансформации (Karpachevskij, 2001; Godwin et al., 2002). Поддерживая постоянство горизонтальной структуры почвенного покрова, почва тем самым способна поддерживать характерные режимы преобразования веществ и энергии в пределах географических зон и провинций. Иначе говоря, почвенная карта заповедной территории длительное время остается

неизменной, пока не происходят климатические или наземные флуктуации. Почвенный покров таких территорий может измениться лишь в результате совершенствования наших знаний о почвах и уточнения почвенных классификаций.

Биологический механизм обеспечивается остаточным микробиологическим пулом. В почве даже после суровой зимы сохраняется (в тончайших порах, где создаются условия для выживания) незначительная часть микробной массы, которая с наступлением благоприятных условий – влаги и тепла, способна быстро восстановить исходную массу и ее функции (Trofimov et al., 2004).

Благодаря перечисленным механизмам противоположные по своей сути процессы уравниваются и годовой баланс веществ и энергии в природной почве обычно равен нулю, хотя, как утверждает А. А. Роде (Rode, 2008), полной компенсации противоположных процессов все же не происходит, в результате чего почва может развиваться в ту или иную сторону. Однако этот процесс замедлен и трудно поддается количественному определению. За более короткий период времени разрушительные и восстановительные процессы в почве уравновешены. Это касается синтеза и разложения органических веществ, выщелачивания и восходящего тока веществ в профиле, окисления и восстановления, высвобождения и фиксации элементов. По данным наблюдений за содержанием и качеством органического вещества, составом и свойствами черноземов, их физическими и химическими свойствами в целинных условиях за последние 100 лет существенных изменений не отмечено (Medvedev, 2012). Приблизительно к таким же выводам пришли американские исследователи Р. Лал и др. (Lal et al., 1998), исследуя черноземовидные почвы США (mollic soils), начиная с 90-х гг. XIX века.

Ситуация радикально меняется, когда почва осваивается человеком и превращается в природно-антропогенное тело. Сравнивая целинные и распаханые почвы, исследователи отмечают значительные различия между ними, однако не решаются, за некоторыми исключениями, отнести их к генетически различным почвам. Конечно, целинный и распаханый чернозем являются генетически родственными почвами, однако действие антропогенного фактора настолько значимо, что привело к существенному преобразованию и деградации их экологических и продуктивных функций. До недавнего времени почвоведы словно не замечали деградированных черноземов.

Таким образом, если почва способна восстановить характерные параметры (или мы поможем ей в этом), то, значит, такая почва пребывает в некоем промежуточном кажущемся равновесном, а точнее, неравновесном состоянии. Если же почва потеряла способность возвращаться к исходному состоянию, то, значит, она стала деградированной. И в этом случае, мы обязаны предпринять соответствующие меры (вывести ее из пашни, либо, если позволяют ресурсы, повысить ее плодородие). Мониторинг распаханой почвы должен предусматривать соответствующий набор инструментов для решения обозначенных целей. Перечислим их кратко.

В мониторинге почв пашни предпочтение следует отдавать данным, полученным в режимах *in situ* (непосредственно в полевых условиях) и *on-line* (непрерывной регистрации свойств почв). Такие режимы устраняют необходимость отбора и транспортировки почвенных и растительных образцов в лабораторию, делают ненужными все подготовительные операции и камеральные аналитические работы. Кроме того, и это главное, режимы *in situ* и *on-line*, учитывая постоянную динамику основных режимов почв во времени в зависимости от увлажнения, температуры, микробиологической активности, устраняют неизбежное несоответствие между полевыми и камеральными измерениями. Опираясь лишь на равновесные величины, преимущественно получаемые в результате традиционного мониторинга, трудно корректно описать своеобразную ритмику процессов почвообразования, присущую распаханой почве.

Сегодня возможности изучения реальной суточной, сезонной, годовой и многолетней динамики почвенных процессов стремительно расширяются (Medvedev, 2007).

Для описания почвообразовательных процессов в распахиваемых почвах важно ведение так называемого научного мониторинга, с помощью которого получают информацию повышенной точности и емкости, пригодную для прогнозов и обоснованных управленческих решений. С этой целью закладывают почвенно-экологический полигон, который используется для исследования следующих задач:

- изучение пространственного распределения химических элементов, показателей свойств почв и процессов в зависимости от ландшафтного положения и антропогенных факторов (задача «геостатистика»);
- слежение за изменениями основных характеристик почв под действием природных и антропогенных факторов (задача «динамика»);
- изучение количественных и качественных параметров перераспределения химических элементов, поверхностного и внутрипочвенного стока (задача «миграция»);
- проведение специальных опытов с искусственно заданными параметрами антропогенной нагрузки (задача «моделирование и прогноз»).

Для проведения исследований полигон оборудуется стоковыми и микростоковыми площадками, лизиметрами, наблюдательными скважинами, осадкомерами, гидропостами, осуществляется детальное почвенное картирование.

Исследования на полигоне ведутся в соответствии с обозначенными задачами с особым акцентом на геохимическую и гидрологическую функции почвенного покрова. Под геохимической функцией понимается способность почв удерживать, трансформировать и перераспределять в пространстве химические элементы. Под гидрологической функцией – деятельность почвы, направленную на формирование определенного режима влагообеспечения растений и организмов в ландшафте, а также транспорта веществ. Водная миграция является одной из основных форм миграции химических элементов в экосистеме и ландшафте, поэтому геохимическая и гидрологическая функции изучаются согласованно.

Идеальным представляется вариант, когда почвенно-экологический полигон дополняется длительными (стационарными) полевыми экспериментами по изучению разных уровней и типов антропогенной нагрузки (с обработкой, удобрениями, мелиорациями и другими). Обычно такого рода опыты ведут с целью выработки оптимальной технологии получения продукции растениеводства, а наблюдения за изменениями почвенных параметров в них выглядят как не всегда обязательное приложение к данным урожайности культур либо эколого-экономическим интерпретациям. Вместе с тем такие наблюдения могут и должны стать самостоятельной и исключительно важной оценкой в самых разных направлениях:

- определение характерных показателей свойств и процессов при разных уровнях антропогенной нагрузки (от минимальных, на контроле, до максимальных, не имеющих места сегодня, а ожидаемых в перспективе);
- определение скорости изменения свойств и процессов при таких же нагрузках;
- установление общей направленности изменения показателей и процессов (количественное описание антропогенной эволюции почв).

Реализация задач научного мониторинга позволит использовать преимущества педотрансферного моделирования в целях прогнозирования почвенных процессов. Контроль элементарных почвообразовательных процессов, продуктивных и экологических функций, упреждающая информация о состоянии почв, миграции веществ и загрязнителей в смежные среды должны стать важными задачами научного мониторинга и одновременно инструментом для становления экспериментального почвоведения повышенного информационного содержания.

В почвоведении и агрохимии известно немало моделей, способных надежно предсказать поведение растворимых солей (аккумуляция или выщелачивание), органических веществ (минерализация либо гумификация), влаги (разнотипные миграции), развитие корневых систем, циклы отдельных элементов (С, N, P и др.) эффективность удобрений, продуктивность культур. Более сложные, так называемые неравновесные, модели позволяют прогнозировать направление и параметры эволюции почвенного покрова на отдаленную перспективу под влиянием глобальных изменений климата.

Напомним: термин «прогноз» является эквивалентом термина «экстраполирование», то есть, расчет изучаемых показателей за пределами наблюдаемых (опытных) значений. Прогноз – экстраполяция во времени, расчет будущих значений. Прогноз – наиболее запущенная часть почвоведения. Частично такое состояние объясняется отсутствием длинного ряда равноотстоящих наблюдений как обязательного условия для выработки корректного «дальнего» прогноза. Иначе говоря, отсутствие корректных прогнозов, столь необходимых для устранения случившихся в прошлом ошибок (переосушения части Полесья, ликвидации плавней Днепра, чрезмерной распашки степей и черноземов, других масштабных, но недостаточно обоснованных проектов) явились следствием отсутствия полноценного мониторинга и в особенности точного представления об антропогенной эволюции почв.

Следует подчеркнуть, что по мере освоения мониторинга в почвоведении должны получить развитие методы прогнозирования, ибо широко распространенные ранее (упрощенные регрессионные модели, модели экспоненциального сглаживания Брауна, скользящих средних и другие) оказались несостоятельными. Предпочтение должны получить методы Бокса и Дженкинса, апробация которых дала положительные результаты (Medvedev, 2012).

*Методология управления плодородием длительно распахиваемой почвы.* На длительно распахиваемых почвах как почвах с новым генетико-производственным статусом должна использоваться соответствующая агротехнология. Если параметры свойств находятся в благоприятном интервале значений, то основная направленность земледельческих технологий должна состоять в применении таких способов обработки, которые способствовали бы их сохранению. По мере ухудшения свойств распахиваемых почв насыщенность улучшающими обработками должна возрастать. И, наконец, если почва необратимо ухудшена (соответствующие критерии известны – Novakovsky et al., 2000; Medvedev, 2013), почву следует вывести из пашни вообще. Разумеется, это лишь общая схема, в которую необходимо вносить уточнения в зависимости от реального состояния почв, генетических, климатических, орографических, литологических и многих других особенностей почвенного покрова, а также от направленности и интенсивности его хозяйственного использования.

Учитывая исключительную роль почв и в особенности черноземов в создании экономического и экологического благополучия Украина как государство, которое имеет значительную площадь этих уникальных тел природы, просто обязано иметь ясно обозначенную стратегию их охраны. Это означает эффективное функционирование почвозащитных программ и законов, жесткий контроль их выполнения, мониторинг с использованием широкой программы индикаторов (подобно лучшим европейским аналогам), обязательное нормирование всех видов нагрузок, ответственность власти и всех землепользователей. Чернозем должен фактически, а не декларативно стать особо ценной почвой с особым режимом экономного и устойчивого использования, которое, прежде всего, означает соблюдение рекомендованных и внедрение новейших почвозащитных технологий.

Программой развития агропромышленного комплекса страны поставлены очень амбициозные задачи относительно сельскохозяйственной продукции. Уверены, что традиционные подходы только на основе удобрений и интенсивной обработки не

способны решить эти задачи. Нужно научиться регулировать не только питательный режим, а и режимы влаги, воздуха, не допускать переуплотнения корнеобитаемого слоя, уберечь от эмиссии углерод и другие вещества, и главное, уменьшить непроизводительные потери влаги. Именно здесь могли бы оказаться полезными новейшие сельскохозяйственные технологии - консервативная, точная, нулевая, другие обработки, почвозащитный и экономический эффект от которых бесспорен.

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. В результате антропогенной эволюции на пашне формируется новое тело – антропогенно преобразованная почва, которая в сравнении с целиной имеет иные строение, свойства и режимы. Здесь усиливаются анизотропность, пространственная гетерогенность, преференциальные нисходящие и восходящие потоки влаги, формируются новые типы горизонтальных и вертикальных почвенных профилей, растет равновесная плотность, консолидация и количество ложных агрегатов, изменяется структура порового пространства, отмечается очевидное торможение процессов агрегации, теряется способность к обратимости свойств и режимов как основное условие противодействия деградационным процессам, нарушается характерная для природной почвы ритмика почвообразования за счет активизации релаксационных процессов. Значительные изменения происходят в тонкодисперсной минеральной и органической частях.

2. Агрочервы как почвы со строением, свойствами и режимами, отличными от природных, должны получить соответствующее место в классификации, а их использование и управление плодородием должны соответствовать степени их трансформированности и этапу антропогенной эволюции.

3. Возможные сценарии антропогенной эволюции почв: *деградация* – наиболее вероятный – при сохранении современного несбалансированного и некачественного земледелия, *кажущееся равновесие* – наименее вероятный сценарий, возникший в результате краткосрочных наблюдений, *устойчивое развитие*, к которому следует стремиться как «разумному» земледелию. Несбалансированного дефицитного земледелия допускать нельзя.

4. Для осуществления благоприятного сценария антропогенной эволюции почв необходима организация исследований с использованием режимов *in situ* и *on-line*, ландшафтных почвенно-экологических полигонов, комплексных стационарных опытов с применением методов планирования эксперимента, использование эффективных методов прогнозирования почвенных процессов и в целом образцовая система научного мониторинга. Бесконтрольного использования почв в стране не должно быть.

5. Цель агропочвоведения сегодня - обосновать переход от зональных слишком обобщенных технологий к точным агротехнологиям, адаптированным к особенностям каждого поля и степени их трансформированности (хорошее состояние – профилактика, среднее – зональные технологии + почвоулучшающие меры, плохое состояние – активные мелиоративные меры либо ренатурализация).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

**Antipov-Karataev, I. N., Kellerman, V. V., Khan, D. V., 1948.** О почвенном агрегате и методах его исследования [About the soil aggregates and methods of its research]. Publishing house of the AS USSR (in Russian).

**Bakhtin, P. U., 1969.** Исследования физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР [Research of physic-mechanical and technological properties

of the basic soils types in the USSR]. Kolos, Moscow (in Russian).

**Dobrovolskij, G. V., Vasilevskaja, V. D., Zajdelman, F. R., Zvjagintsev, D. G., Kuznetsov, M. S., Kust, G. S., Orlov, D. S., 2002.** Факторы и виды деградации почв [Factors and kinds of soil degradation]. Soil degradation and protection. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. 33–60 (in Russian).

**Dokuchaev, V. V., 1953.** Nashi steri prezhe i teper [Our steppe before and now]. Selhosgis, Moscow (in Russian).

**Garifullin, F. Sh., 1979.** Fizicheskie svoistva pochv i ikh izmenenie v protsesse okulturivaniia [Soil physical properties and their change during using]. Nauka, Moscow (in Russian).

**Godwin, R. J., Earl, R., Taylor, C., Wood, G. A., Bradley, R. I., Welsh, J. P., Richards, T., Blackmore, B. S., Carver, M., Knight, S., 2002.** Precision farming of cereals. Practical guidelines and crop rotation. Project Report 267, Home-Grown Cereals Authority. London. P. 8.

**Grinchenko, A. M., 1984.** Okulturivanie pochv – osnova povysheniia prirodno-ekonomicheskogo plodorodiia [Soil cultural processes – a basis of increase of nature-economic fertility]. Agriuniversity, Kharkiv (in Russian).

**Grinchenko, O. M., Chesnjak, G. Ja., Chesnjak, O. A., 1965.** Pro rozvytok kulturnoho hruntotvornoho protsesu na chornozemakh Lisostepu Ukrainy ta efektyvnist dobryv [About development cultural soil formation processes in chernozems of forest steppe of Ukraine and efficiency of fertilizers]. News of agric. sciences. 11, 55–61 (in Ukrainian).

**Grinchenko, O. M., Chesnjak, O. A., Chesnjak, G. Ja., 1966.** Vliianie selskokhoziajstvennoj kultury na izmenenie fiziko-khimicheskikh svojstv moshchnogo chernozema [An influence of an agricultural crop on change of physical and chemical properties of powerful chernozem]. Scien. works of Kharkiv agriuniversity. 49(86), 7–16 (in Russian).

Guidelines: Land evaluation for reinfed agriculture, 1983. Soils Bull., 52/FAO, Rome. 237 p.

**Karpachevskij, L. O., 2001.** Nekotorye metodicheskie aspekty ucheta prostranstvennoj neodnorodnosti v pochvovedenii [Some methodical aspects of the account of spatial heterogeneity in soil science]. Scale effects at soil research. Publishing house of the Moscow State University, Moscow. 39–46 (in Russian).

**Korolev, V. A., 2008.** Sovremennoe fizicheskoe sostoianie chernozemov tsentra russkoj ravniny [Modern physical condition of chernozems of the center of Russian plain]. Voronezh (in Russian).

**Krupenikov, I. A., 1978.** Chernozem – nashe bogatstvo [Chernozem – our riches]. Kartja Moldovenjaskie, Kishinev (in Russian).

**Kovda, V. A., 1973.** Osnovy ucheniia o pochvakh [Base of the doctrine about soils. The

book 1. The general theory of soil formation process]. Nauka, Moscow (in Russian).

**Litvin, V. G., Medvedev, V. V., 1974.** Sezonna dinamika struktury i budovy chornozemu glybokogo z analizom ii osnovnykh prychnyn [Seasonal changes of structure and bulk density of chernozem deep with the analysis of principal causes]. Agrochemistry and Soil Science. 27. Urozhai, Kyiv. 13–20 (in Ukrainian).

**Lal, R., Kymby, Dj. M., Follet, R., Cole, S. V., 1998.** Potentsial obrabatyvaemykh zemel SSHA po sekvestratsii ugleroda i smiagcheniu parnikovogo efekta [Potential of the arable lands of USA on sequestration of carbon and to mitigation of a hotbed effect]. Sleeping Bear Press, USA (in Russian).

**Medvedev, V. V., 2007.** Perspektivni instrumentalni metody vyvchenniia hruntiv u rezhimakh in situ i on-line (za materialamy novitnikh publikatsii) [Perspective instrumental methods for research of soils in the modes in situ and on-line (for materials of newest publications)]. Agrochemistry and Soil Science. 67, 10–18 (in Ukrainian).

**Medvedev, V. V., 2010.** Nulovyi obrobitok v evropeiskikh krainakh [No-till in European countries]. EDENA, Kharkiv (in Ukrainian).

**Medvedev, V. V., 2013.** Do obhruntuvannia skorochenniia rilli v Ukraini [To substantiation of reduction of arable land in the Ukraine]. News of agrarian sciences. 1, 59–63 (in Ukrainian).

**Medvedev, V. V., 1988.** Optimizatsiia agrofizicheskikh svojstv chernozemov [Optimization agrophysical properties of chernozems]. Agropromizdat, Moscow (in Russian).

**Medvedev, V. V., 2008.** Struktura pochvy (metody, genesis, klassifikatsiia, evoliutsiia, geografiia, monitoring, okhrana) [Soil structure (methods, genesis, classification, evolution, geography, monitoring, protection)]. 13 printing house, Kharkiv (in Russian).

**Medvedev, V. V., 2011.** Fizicheskie svoistva i glubina zaleganiia pluzhnoi podoshvy v raznykh tipakh pochv [Physical properties and depth of plow pan in different soil types]. Eurasian Soil Science. 11, 1487–1495 (in Russian).

**Medvedev, V. V., 2012.** Monitoring pochv Ukrainy. Kontseptsii, itogi, zadachi [Soil monitoring of the Ukraine. The concept, results, tasks]. The City printing house, Kharkiv (in Russian).

**Medvedev, V. V., 2013.** Fizicheskaia degradatsiia chernozemov. Diagnostika. Prichiny. Sledstviia. Preduprezhdenie [Physical degradation of chernozems. Diagnostics. The reasons. Consequences. The prevention]. The city printing house, Kharkiv (in Russian).

- Medvedev, V. V., 2013.** Vremennaia i prostranstvennaia heterogenizatsiia raspakhivaemykh pochv [Time and spatial heterogeneity of soil ploughed up]. *Gruntoznavstvo*, 14(1-2), 5–22 (in Russian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. M., Pocheptsova, L. G., 2003.** Vplyv struktury hruntu na filtratsiinu zdattist [Influence of soil structure on hydraulic penetration]. *News of agrarian sciences*. Kyiv. 3, 5–8 (in Ukrainian).
- Medvedev, V. V., Laktionova, T. M., Pocheptsova, L. G. et al., 2003.** Osobennosti formirovaniia vertikalnykh vodnykh potokov v chernozeme tipichnom [Feature of formation of vertical water streams in chernozem typical]. *News of Kharkiv Agrouniversity*. 1. *Soil Science*. 37–43 (in Russian).
- Medvedev, V. V., Lyndina, T. E., Laktionova, T. M., 2004.** Plotnost slozheniia pochv. Geneticheskij, ekologicheskij i agronomicheskij aspekty [Soil bulk density. Genetic, ecological and agronomical aspects]. 13 printing house, Kharkiv (in Russian).
- Metodychni vказivky z okhony hruntiv, 2011 [Methodical instructions on soil protection]. State centre on soil fertility protection of Minagripolicy, Kyiv (in Ukrainian).
- Nosko, B. S., Medvedev, V. V., Batsula, O. O. et al., 1988.** Vliianie organicheskikh i mineralnykh udobranij na plodorodie pochv [Influence of organic and mineral fertilizers on soil fertility]. *Soils of Ukraine and increase of their fertility*. 2. Urozhaj, Kyiv. 34–58 (in Russian).
- Novakovskiy, L. Ja., Kanash, O. P., Leonets, V. O., 2000.** Konservatsiia dehradovanykh i maloproduktyvnykh zemel Ukrainy [The conservation of degradative and low productive lands of the Ukraine]. *News of agrarian science*. 11, 54–59 (in Ukrainian).
- Polupan, M. I., Solovej, V. B., Velichko, V. A., 2005.** Klasyfikatsiia hruntiv Ukrainy [Classification of soils of the Ukraine]. *Agrarian science*, Kyiv (in Ukrainian).
- Rode, A. A., 2008.** Izbrannye trudy. Pochvennye rezhimy. Zadachi i obshie metody ikh izucheniia [The selected works. Soil modes. Tasks and the general methods of their studying]. 1, 243–257 (in Russian).
- Russell, E. Dj., 1955.** Pochvennye usloviia i rost rastenij [Soil conditions and growth of plants]. Publishing house of the foreign literature, Moscow (in Russian).
- Smagin, A. V., 2012.** Dinamika chernozemov: rekonstruktsiia razvitiia i prognoz agrodegradatsii [Dynamics of chernozems: reconstruction of development and the forecast agrodegradation]. *Problems of agrochemistry and agroecology*. 3, 31–38 (in Russian).
- Sokolovsky, A.N., 1956.** Pochvovedenie [Soil science]. Selchozgis, Moscow (in Russian).
- Svetlichnyj, A. A., Chernyj, S. G., Schvebs, G. I., 2004.** Eroziovedenie. Teoreticheskie i prikladnye aspekty [Soil erosion. Theoretical and applied aspects]. The university book, Sumy (in Russian).
- Tichonenko, D. G., 2012.** Uchennia pro budovu hruntovoho pokryvu [Doctrine on soil cover structure]. Khark. Agriuniversity named V. V. Dokuchaev, Kharkiv (in Ukrainian).
- Trofimov, S. J., Bobrov, A. A., Dorofeyev, E. I., 2004.** Pochvy i bioraznoobrazie: analiz vzaimnogo vliianiia [Soils and a biodiversity: the analysis of mutual influence]. Works of Institute of Soil Science of the Moscow State University named M. V. Lomonosov and of the Russian Academy of Science. 4. «Soils and a biodiversity». 8–20 (in Russian).
- Vershinin, P. V., 1959.** Tverdaia faza pochvy kak osnova ee fizicheskogo rezhima [Firm a phase of soil as a basis of its physical mode]. *Bases of agrophysics*, Fismatgis. 299–404 (in Russian).
- Voronin, A. D., 1959.** Kharakteristika aktivnoj poverkhnosti fraktsii mekhanicheskikh elementov kompleksa pochvy svetlo-kashtanovoi podzony [Characteristic of an active surface of fractions of mechanical elements of a soil complex of light-brown subzone]. *Scient. Report of high sc. biol. sciences*. 3, 189–192 (in Russian).
- Zubetz, M. V., Golovko, A. M., Medvedev, V.V., Bogdanov, G. O., Prister, B. S., Kovalenko, P. I., 2007.** Environmental protection in the Ukraine. Agro-ecosystems in technogenesis conditions. *Proc. of Meeting of the Union of European Agrarian Academies*. Agrarna nauka, Kyiv. 9–58.

*Стаття надійшла в редакцію: 15.01.2014*

*Рекомендує до друку: чл.-к. НАНУ, д-р біол. наук, проф. А. П. Травлєєв*