

THEORETICAL AND PRACTICAL 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, Kharkov, Ukraine, 61024*

CONTINUITY AND DYSCRETIVITY OF SOILS FOR FIELDS: APPLIED CONSEQUENCES FOR AGRICULTURE

Abstract. The continuity is considered as the fundamental feature of a soil cover consisting gradual change of its properties in space, synchronized with changes of soil factors formation, and discreteness is mainly artificial the introduced category caused by classification appreciably various genetic and agritechnologic divisions. The soil cover is studied basically as continual and is very weak as a discrete body, especially if it to consider at an original average hierarchical level (mean spatial heterogeneity of many soil properties within the limits of polypedon, or, in a context of present article, – fields of a crop rotation). Certainly, it brakes successful development of representations about a soil horizontal structure and, as consequence, practical appendices of heterogeneity to precise agriculture. Zonal systems of agriculture are based on an environment of a zone and in essence reflect average continual features of a soil cover. Precise systems are under construction on the basis of discreteness of a soil cover – new soil borders which are used for allocation of soil contours within the limits of a field for differentiation of ways and intensity of tillage, doses of fertilizers application and chemical ameliorants. In article attempt to use the established representations about spatial features of soil properties for improvement of modern practice of agriculture, especially precise agriculture, including ways of a finding of the area of contours of a field with different parameters of fertility are made. As objects 6 fields are used, three from which are located to Polesye, two – in Forest-Steppe and one – in Steppe. Use of principles of precise agriculture and inspection of display soil properties of fields on a regular grid has allowed to divide fields into contours with three levels of fertility, one of which is characterized by properties optimum or close to them, that allows to refuse (or it is essential to reduce) from application of tillage, fertilizer or chemical ameliorants. Precise agriculture – perspective soil – and energy saving the system reflecting heterogeneity of a field of a crop rotation, should replace traditional zonal systems of agriculture.

Thus, on the basis of research of various displays of heterogeneity - continual when properties of soil in space change gradually, synchronously to factors of soil formation, and discrete when properties of soil change in the limits of small areas necessity of introduction of new borders for the soil cover, based on horizontal studying of soil properties, – morphological, physical, physico-mechanical and others is proposed. By means of borders the configuration of industrial working sites for the differentiated application of agritechnological operations is proved.

Keywords: *continuity and discreteness of soil, zonal and precise systems of agriculture.*

 Tel.: +38057-704-16-69. E-mail: vvmedvedev@ukr.net

DOI: 10.15421/041502

ISSN 1684–9094. *Gruntoznavstvo*. 2015. Vol. 16, no. 1–2

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії
ім. О. Н. Соколовського», вул. Чайковська, 4, м. Харків, Україна, 61024,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: vmedvedev@ukr.net*

КОНТИНУАЛЬНІСТЬ І ДИСКРЕТНІСТЬ ҐРУНТІВ ПОЛЯ: ПРИКЛАДНІ НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Анотація. Континуальність розглядається як фундаментальна особливість ґрунтового покриву, що полягає в поступовій зміні його властивостей у просторі, яка синхронізується зі змінами факторів ґрунтоутворення, а дискретність – головним чином штучно привнесена категорія, обумовлена значною мірою різноманітними генетичними й агротехнологічними класифікаційними підрозділами. Ґрунтовий покрив вивчений в основному як континуальне й дуже слабо як дискретне тіло, особливо якщо його розглядати на своєрідному середньому ієрархічному рівні (маються на увазі просторові неоднорідності багатьох властивостей ґрунтів у рамках поліпедона, або, у контексті статті, – поля сівозміни). Звичайно, це гальмує успішний розвиток уявлень про горизонтальний профіль ґрунтів і, як наслідок, практичні наслідки неоднорідності для точного землеробства. Зональні системи землеробства базуються на природних умовах зони й по суті відбивають усереднені континуальні особливості ґрунтового покриву. Точні системи будуються на основі дискретності ґрунтового покриву – нових ґрунтових границь, які використовуються для виділення ґрунтових контурів у рамках поля для диференціації способів і інтенсивності обробітку, доз унесення добрив і хіммеліорантів. У статті зроблено спробу використати встановлені уявлення про просторові особливості властивостей ґрунтів для поліпшення сучасної практики землеробства, особливо точного землеробства, включаючи способи знаходження площі контурів поля з різними показниками родючості. Як об'єкти використано 6 полів, три з яких розташовані в Поліссі, два – у Лісостепу й одне – у Степу. Використання принципів точного землеробства й обстеження індикаторних властивостей ґрунтів полів за регулярної сітки дозволило розділити поля на контури із трьома рівнями родючості, один із яких характеризується оптимальними або близькими до них властивостями, що дозволяє відмовитися (або істотно скоротити) від застосування обробітку, добрив або хіммеліорантів. Точне землеробство – перспективна ґрунто- і ресурсозбережувальна система, що відбиває неоднорідність поля сівозміни, повинна замінити традиційні зональні системи землеробства.

Ключові слова: *континуальність і дискретність ґрунтів, зональні й точні системи землеробства.*

*Національний науковий центр «Інститут почвознавства та агрохімії
ім. А. Н. Соколовського», вул. Чайковская, 4, г. Харьков, Украина, 61024,
тел.: +38057-704-16-69, e-mail: vmedvedev@ukr.net*

КОНТИНУАЛЬНОСТЬ И ДИСКРЕТНОСТЬ ПОЧВ ПОЛЯ: ПРИКЛАДНЫЕ СЛЕДСТВИЯ ДЛЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Аннотация. Континуальность рассматривается как фундаментальная особенность почвенного покрова, заключающаяся в постепенном изменении его свойств в пространстве, синхронизирующаяся с изменениями факторов почвообразования, а дискретность – главным образом искусственно привнесенная категория, обусловленная в значительной мере разнообразными генетическими и агротехнологическими классификационными подразделениями. Почвенный покров изучен в основном как континуальное и очень слабо как дискретное тело, особенно если его рассматривать на своеобразном среднем иерархическом уровне (имеются в виду пространственные неоднородности многих свойств почв в рамках полипедона, или, в контексте настоящей статьи, – поля севооборота). Конечно, это тормозит успешное развитие представлений о горизонтальном профиле почв и, как следствие, практические приложения неоднородности к точному земледелию. Зональные системы земледелия базируются на природных условиях зоны и по существу отражают усредненные

континуальные особенности почвенного покрова. Точные системы строятся на основе дискретности почвенного покрова – новых почвенных границах, которые используются для выделения почвенных контуров в рамках поля для дифференциации способов и интенсивности обработки, доз внесения удобрений и химелиорантов. В статье сделана попытка использовать установленные представления о пространственных особенностях свойств почв для улучшения современной практики земледелия, особенно точного земледелия, включая способы нахождения площади контуров поля с разными показателями плодородия. В качестве объектов использованы 6 полей, три из которых расположены в Полесье, два – в Лесостепи и одно – в Степи. Использование принципов точного земледелия и обследование индикаторных свойств почв полей по регулярной сетке позволило разделить поля на контуры с тремя уровнями плодородия, один из которых характеризуется оптимальными или близкими к нему свойствами, что позволяет отказаться (или существенно сократить) от применения обработки, удобрений или химелиорантов. Точное земледелие – перспективная почво- и ресурсосберегающая система, отражающая неоднородность поля севооборота, должна заменить традиционные зональные системы земледелия.

Ключевые слова: континуальность и дискретность почв, зональные и точные системы земледелия.

ВВЕДЕНИЕ

Статья посвящена различным проявлениям неоднородности – континуальной, когда свойства почвы в пространстве изменяются постепенно, синхронно факторам почвообразования, и дискретной, прерывной, когда свойства почвы изменяются в пределах небольших ареалов. При этом основные факторы почвообразования остаются неизменными. Внимание к неоднородности вполне оправдано, ибо на ее основе фактически строятся системы земледелия – зональная, приуроченная к той или иной зоне, и точная, особенности которой формируются в зависимости от неоднородности поля севооборота. В статье больше внимания будет уделено точному земледелию, ибо оно как нельзя лучше отвечает духу времени – помогает беречь почву от деградации и экономит ресурсы (за счет устранения операций в той части поля, которая их не требует).

Для того, чтобы прояснить существо понятий о континуальности и дискретности почвенного покрова, уместно вспомнить оживленные дискуссии на эту тему в недавнем прошлом. В 70–80-е годы прошлого столетия в обсуждении этого вопроса приняли участие немало крупных ученых географов и почвоведов. Д. Л. Арманд придерживался принципа континуальности, И. Н. Степанов – дискретности, В. М. Фридланд, А. Д. Воронин, Е. А. Дмитриев полагали, что почвенный покров является одновременно и дискретным и континуальным телом (цитируем по Stepanov, 1986). В последние годы интерес к этому вопросу значительно возрос, ибо появляется все больше качественной информации, полученной дистанционными методами – наиболее корректными в оценке этих свойств почвенного покрова. Ведь любая регулярная сеть точек, какой бы густой она ни была, уступает обзорной карте, полученной дистанционным способом. По этой причине использование дистанционных спектрометрических средств позволяет трактовать почвенный покров преимущественно как континуальный объект, в котором свойства (неоднородность) изменяются в пространстве постепенно (Truskavetsky, 2006; Achasov, 2009). В то же время радиолокационное зондирование в вертикальном направлении всегда обнаруживает прерывность в строении профиля, объясняемое изменениями его гранулометрического состава, плотности или влажности (Petersen et al., 2006; Gychka, 2007).

Таким образом, можно утверждать, что почвенный покров в 2-х-мерном формате является преимущественно континуальным образованием. Его континуальность в этом формате нарушается лишь вследствие сложного строения долин и пойм, пересеченной местности в предгорьях и горах, из-за чередования

различных типов растительности и других причин. В то же время в 3-х-мерном формате почвенный покров вследствие различных по составу и строению генетических горизонтов (особенно в дифференцированных почвах) является очевидным континуально-дискретным образованием. Скорее всего, почва дискретна и в 4-х-мерном пространстве, когда к рассмотренным форматам добавляется время как фактор трансформации почвенного покрова. Ведь хорошо известно, что в процессе длительного использования почва теряет гумус, появляются новые черты в ее морфологии, свойствах и режимах. Все это дало основание выделять новый тип почв – агрозем, появившийся в классификациях почв России, Белоруси, Украины и других стран. Причем и эти изменения в почвенном покрове усиливают ее гетерогенность в пространстве и способствуют возникновению новых границ (Medvedev, 2009). Время, поэтому, становится фактором дискретизации почвенного покрова.

С сожалением приходится признать, что почвенный покров изучен в основном как континуальное и очень слабо как дискретное тело, особенно если его рассматривать на своеобразном среднем иерархическом уровне (имеются в виду пространственные неоднородности многих свойств почв в рамках полипедона, или, в контексте настоящей статьи, – поля севооборота). Конечно, это тормозит успешное развитие представлений о горизонтальном профиле почв и, как следствие, практические приложения неоднородности к точному земледелию.

Цель статьи – рассмотреть континуальность и дискретность как особенности проявления неоднородности в почвенном покрове, важные для построения систем земледелия, новые границы в почвенном покрове, образующиеся в результате обследования индикаторных свойств почв в регулярной сети точек, а также значение новых границ для точного земледелия.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ

В статье сделана попытка использовать установленные представления о пространственных особенностях свойств почв для улучшения современной практики земледелия, особенно точного земледелия, включая способы нахождения границ контуров с разными показателями плодородия. В статье использованы материалы многолетних исследований пространственной неоднородности почв в Полесье, Лесостепи и Степи, обобщенные в книгах (Medvedev, 2007; Medvedev et al., 2009).

В качестве объектов использованы 6 полей, три из которых расположены в Полесье (Романив, Колки и Ведильцы), два – в Лесостепи (Коротыч и Коммунар) и одно – в Степи (Донецк).

Романив, Волынская область. В почвенном покрове доминируют серые оподзоленные, дерново-подзолистые и луговые оглеенные почвы. Рельеф выравненный. Грансостав – легкосуглинистый. Размер поля – 63 га, количество элементарных делянок – 35. Возделываются зерновые и кормовые культуры. Агротехнические приемы возделывания культур, несмотря на очевидную пестроту поля, не дифференцируются.

Колки, Волынская область. Почвенный покров – комплекс дерново-подзолистых глееватых, дерновых глеевых и лугово-болотных почв. Рельеф – выравненный. Грансостав – глинисто-песчаный. Размер поля – 11 га. Количество делянок – 27. Возделываются (на незаболоченной части) кормовые культуры. Поле осушено открытой сетью каналов, которые, к сожалению, частично не функционируют. Исследования проводили только на незаболоченной части. Агротехнические приемы в поле не дифференцируются.

Ведильцы, Черниговская область. Дерново-среднеподзолистые супесчаные почвы. Рельеф выравненный. Размер поля – 105 га, часть поля залужена, количество делянок на незалуженной части – 117. Возделываются зерновые и кормовые культуры.

Коротыч, Харьковская область. Преобладает темно-серая тяжелосуглинистая оподзоленная почва. Рельеф – слабо пологий. Размер поля – 31 га. Количество делянок – 35. Возделываются зерновые и технические культуры по обычной для Лесостепи технологии.

Коммунар, Харьковская область. Чернозем типичный малогумусный выщелоченный тяжелосуглинистый. Рельеф – выравненный. Размер поля – 30 га. Количество делянок – 26. Возделываются зерновые и технические культуры.

Донецк, Донецкая область. Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый. Рельеф выравненный. Размер поля – 105 га, сеть делянок (51) была образована на части поля в 50 га. Возделываются зерновые и технические культуры.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Современные системы земледелия и их недостатки. Система земледелия решает широкий комплекс вопросов, связанных с повышением плодородия почв, его охраной, рациональным использованием (с учетом рельефа, климата, экономических и социальных запросов, экологических требований). В ней находят место вопросы рационального соотношения угодий, структуры посевов и севооборотов, внесения удобрения, применения химических и других видов мелиораций, агротехнологических приемов. В системах земледелия достаточно объективно и всесторонне оценена роль зональности, микрizonaльности и ландшафтов в размещении культур – словом это очень большой круг вопросов, который активно ориентирован не только на удовлетворение населения в продуктах питания, а промышленности в сырье, но и на устойчивый характер земледельческой отрасли в настоящее время и в перспективе. Однако именно здесь к современным системам земледелия имеется немало претензий, поскольку они таковы, что послужили причиной многочисленных проявлений деградации и ухудшения качества почв. Основным их недостатком, рассмотренным в данной статье, является слишком обобщенное содержание, отвечающее условиям природной зоны (потому они и получили название зональных систем земледелия) и игнорирование пространственных особенностей конкретного поля севооборота.

Так, зональную систему земледелия в Полесье можно назвать наиболее интенсивной. Преобладающие в этой зоне дерново-подзолистые почвы имеют кислую реакцию почвенного раствора, песчаный и супесчаный грансостав, после обработки очень быстро восстанавливают свою повышенную исходную плотность, из-за быстрого нарастания температур весной легко образуют поверхностную корку. Вследствие повышенного количества атмосферных осадков, наличия понижений в рельефе и нередко неглубоко залегающих уплотненных иллювиальных горизонтов имеют признаки оглеения. Кроме того, для почв Полесья характерна преимущественно недостаточная обеспеченность элементами питания. Именно вследствие перечисленных особенностей система земледелия в этой зоне требует многочисленных обработок, внесения удобрений и известки. Однако это общая схема. Как покажем далее на примере исследованных полей, их морфологических, физических и физико-химических свойств их почв этот универсальный подход на основе усредненных зональных характеристик требует основательных корректив практически в отношении всех компонентов системы земледелия.

Точно также в отношении почв Лесостепи. Доминирующие в почвенном покрове этой зоны черноземы типичные, оподзоленные и темно-серые почвы средне- и тяжелосуглинистого грансостава, хорошо оструктурены и гумусированы, умеренно уплотнены, в основном обеспечены элементами питания, имеют близкую к оптимальной реакцию среды. Вместе с тем они характеризуются слабой водостойкостью, нередко переуплотнены в плужной подошве и в подсеменном слое после весеннего цикла обработок, склонны к образованию глыб, корки и трещин. Причем недостатки этих почв проявляются не на всем поле, а приурочены к

его краям либо понижениям. Для почв Лесостепи характерны процессы дегумификации и потери кальция, вследствие чего почвы склонны к обесструктуриванию и подкислению, причем опять-таки эти процессы не имеют сплошного характера, а проявляются лишь в отдельных частях поля.

Как показали многочисленные 2-D- и 3-D-диаграммы, почвенный покров поля в Степи не менее неоднороден, морфологические, физические и физико-химические свойства почв поля варьируют в пространстве, что делает вполне актуальной проблему дифференциации систем земледелия и в этой зоне.

Обозначенное выше имеет исключительно большое значение для дифференцирования агротехнологий в соответствии с реальными параметрами почв поля. Если бы свойства поля – именно те, что определяют содержание агротехнологий (плотность сложения, содержание питательных элементов и другие), не имели выраженной пестроты, можно было бы пренебречь пестротой и обрабатывать поле, и вносить удобрения одинаково на всем его пространстве. К сожалению, это не соответствует действительности. Накапливается все больше данных о неоднородности полей независимо от генезиса и уровня окультуренности почв (Medvedev, 2007). Неоднородность проявляется даже в поле, где на протяжении почти 150 лет применяли элементы высокой культуры земледелия (Godwin et al., 2002). Это дало нам основание говорить о неоднородности как о свойстве, которое имманентно (обязательно) присуще почвам.

В настоящее время отдельные поля севооборотов не подвергаются детальному обследованию с использованием регулярной сети точек. Даже при проведении агрохимической паспортизации, когда это можно было бы осуществить при тех же затратах, предпочтение отдают маршрутной съемке, при проведении которой не получают адекватного представления о пространственной неоднородности поля (Samsonova et al., 2001). По этой причине система земледелия в любой природной зоне строится на основе усредненных показателей почв и климата без учета конкретных особенностей поля. Разумеется, в случае значительных размеров природных зон учитываются изменения ее ландшафта. В этом случае система земледелия отражает особенности аккумулятивных, транзитных и автоморфных территорий. Также и в отношении климата – в более засушливых условиях возрастает доля влагосберегающих технологий. Однако зональная система земледелия предполагает, что почвенный покров в пределах природной зоны изменяется постепенно, отражая лишь континуальную составляющую неоднородности, и игнорируя неоднородность в пределах поля севооборота.

Дискретизация поля в точном земледелии с использованием нормативов плодородия. В точном земледелии формируются представления о почвенном покрове как дискретном образовании, ибо цель точного земледелия выявить в поле участки с различным плодородием и затем в соответствии с этим сделать также дискретной технологию возделывания сельскохозяйственных культур. Дискретность в этих представлениях – вынужденная мера, потому что так удобнее и проще реализовать постулаты точного земледелия. Вместе с тем эти представления иначе как искусственной трансформацией континуального почвенного покрова в дискретный назвать нельзя.

Как трактовать обнаруживаемое в реальном почвенном покрове закономерное чередование структур с определенными свойствами? Как дискретность, прерывность, или континуальность, оплошность? Мы склонны трактовать это чередование как проявление континуальности, постепенности в изменении свойств. Дискретность здесь привнесена за счет применения интерполяционной (в определенной мере формальной) кригинг-методологии, когда постепенность искусственно прерывается классификационными подразделениями свойств. Многократно используемые нами 2-D-диаграммы (в этом случае блоковый кригинг при их построении не применяется) отчетливо показывают постепенность изменения свойств в пространстве всех исследованных нами полей (Medvedev et al., 2009).

Далее рассмотрим нормативы, на основании которых континуальный почвенный покров трансформируется в дискретный (табл. 1, 2). Нормативы получены на основании разработок А. Я. Буки (2000), О. О. Бацулы и др. (2003) и С. М. Рыжука и др. (2003) и адаптации имеющихся в них рекомендаций к особенностям точного земледелия.

Вначале о точном внесении органических удобрений. В качестве обоснования возможности исключения внесения навоза используем те части поля, в которых отмечается стабильно повышенное содержание гумуса в течение нескольких туров паспортизации. В тех частях поля, где отклонение от предыдущего содержания достигает $-5...-10\%$, следует внести среднюю норму навоза исходя из возможностей хозяйства. Наконец, в тех частях поля, где содержание меньше повышенного на 10% и больше, внесем повышенную норму навоза (табл. 1).

Таблица 1

Нормирование внесения удобрений и извести в точном земледелии

Минеральные удобрения			Органические удобрения		Известкование	
Показатели	Содержание, мг/кг почвы	Норма внесения	Отклонение (%) от среднего содержания	Норма внесения	pH	Сценарии
Суммарный минеральный азот	>30	0	Стабильно повышенное содержание в течение 2-3-х туров агрохимпаспортизации	0	7,0–5,5	Без мелиорации
	30–15	По выносу на запланированный урожай				
	<15	То же + дополнительное количество за счет варианта 0				
Подвижный фосфор (по Чирикову)	>150	0	–5–10	Среднее расчетное внесение исходя из возможностей хозяйства	5,5–5,0	Поддерживающая мелиорация
	150–50	По выносу на запланированный урожай				
	<50	То же + дополнительное количество за счет варианта 0				
Подвижный калий (по Чирикову)	>120	0	–10 и больше	То же + дополнительное количество за счет экономии в варианте 0	<5,0	Систематическое внесение извести в повышенных дозах
	120–40	По выносу на запланированный урожай				
	<40	То же + дополнительное количество за счет варианта 0				

Урожайные данные до сих пор традиционно являются едва ли единственным источником информации для планирования точного земледелия и, в частности, внесения органических и минеральных удобрений. Мы также попытались воспользоваться этими данными, хотя располагаем более точной информацией о пространственной неоднородности в исследованных полях практически всех основных макроэлементов питания и других факторов плодородия и урожая. Пространственная неоднородность урожайных данных зерновых культур и подсолнечника, как уже упоминалось, отражает некую усредненную величину пространственной неоднородности всех исследованных показателей и является умеренной. В том числе и в тех случаях, когда пространственная неоднородность урожаев исследовалась в последствии (Коротыч, 2 года последствия; Коммунар, 1 год последствия). Достаточно согласованные данные пространственной неоднородности содержания гумуса и урожаев получены лишь для объектов Романив и Донецк. Здесь было почти полное совпадение неоднородностей. На других объектах отличия были заметны и в этих случаях для делимитации поля использованы данные пространственной неоднородности содержания гумуса. В целом удовлетворительно было совпадение площадей и при наблюдении за урожайностью в последствии.

Если рН почв находится в интервале слабокислой/нейтральной, что является благоприятным для всех культур, возделываемых в Лесостепи и почти всех культур Полесья, то проводить известкование не следует. Таких площадей в исследованных полях оказалось от 30 до 80 %, что представляется весьма важным фактом, ибо обычно известкование кислых почв в этих природных зонах осуществляется на всей площади полей без каких-либо исключений. Налицо ощутимая экономия известковых материалов. При повышении кислотности норма и периодичность мелиорации возрастают. Вообще, опираясь на полученные нами данные пространственной неоднородности реакции почвенного раствора, известковать полностью необходимо только одно поле на объекте Колки.

Дополнительным аргументом в пользу интенсификации НИР и освоения точного земледелия в области механической обработки служат наши данные о соотношении на исследованных полях зон с благоприятными, менее благоприятными и неблагоприятными агрофизическими условиями (рис. 3). В соответствии с этим становится понятной рекомендация о дифференциации на поле нулевой (без проведения обработки), минимальной и традиционной обработок. Чем выше доля на поле участков с благоприятными параметрами равновесной плотности сложения в предпосевной период или перед проведением основной обработки, тем нужнее становится точная обработка (табл. 2).

Таблица 2

Нормативы оценки физических свойств для обоснования интенсивности механической обработки*

Показатели	Качественная оценка обрабатываемого слоя	Рекомендации по интенсивности предпосевной обработки
Количество глыб в посевном слое, %: <5 5–15 >15	благоприятная удовлетворительная неудовлетворительная	обработка не требуется умеренная обработка интенсивная
Плотность сложения в посевном слое, г/см ³ : <1,2 1,2–1,3 >1,3	благоприятная удовлетворительная неудовлетворительная	обработка не требуется умеренная обработка интенсивная
Твердость в плужной подошве, кг/см ² : <20 20–40 >40	благоприятная удовлетворительная неудовлетворительная	обработка не требуется обработка не требуется обработка интенсивная

*Нормативы пригодны для почв среднего и тяжелого гранулометрического состава.

Как следует из таблицы, потенциальные возможности для уменьшения интенсивности предпосевной обработки почв и даже полного отказа от нее оказались неожиданно велики даже в почвах с неблагоприятными агрофизическими условиями. Кстати, об том же свидетельствуют работы некоторых других авторов (Шейн, 2001).

Границы в почвенном покрове для точного земледелия. В точном земледелии используются новые границы, которыми разделяют почвенное пространство на отдельные контуры. Последние выступают в качестве самостоятельных рабочих участков. При условии, конечно, что их размеры позволяют организовать экономически выгодное хозяйствование.

Точное земледелие и новые технические возможности картографирования на основе ГИС-технологий и дистанционных средств вызвали к жизни поток принципиально новой картографической информации. Это электронные цифровые карты. Так как контуры свойств почв на этих картах почти никогда не совпадают с контурами (видов и даже более высоких таксономических единиц) на традиционных почвенных картах, связь этих двух карт была утеряна. Постепенно в точном земледелии отпала необходимость в использовании почвенной карты для планирования агротехнологических операций. Заметим, что еще ранее то же самое случилось с агрохимической картой содержания в почве доступных питательных веществ. Границы почвенных контуров и границы обеспеченности почв элементами питания на этих картах не совпадают. Агрохимическая карта обычно содержит намного меньше контуров, что очень удобно для производственных целей. Именно эта карта стала основой для планирования применения удобрений в хозяйстве, а не почвенная карта.

Точное земледелие стало базироваться на парциальном (Gorjachkin, 2006) анализе почвенного покрова, то есть пространственном (геостатистическом) анализе неоднородности отдельных свойств почв, важных для планирования агротехнологических операций. Мы назвали эти свойства индикаторными и осуществили их систематизацию.

В этих условиях почвоведы забили тревогу, потому что были подвергнуты сомнению сами основы учения о структуре почвенного покрова как целостном почвенном образовании. С. В. Горячкин (Gorjachkin, 2006) в своей статье приводит ряд интересных ссылок на эти работы, опубликованные в России и за ее рубежами.

Идея Ф. И. Козловского (Kozlovsky, 2003) о почвенном индивидууме как попытка объединить традиционный (Fridland, 1972) и геостатистический подходы, показавшаяся некоторым исследователям (Kuziakova, 2006), да поначалу и нам (Medvedev, 2007), вполне актуальной, видимо, все же требует основательных размышлений и доработки. Ведь почвенный индивидуум как элементарный неделимый объект действительно может быть связующим звеном в двух подходах, однако его использование в качестве рабочего участка в точном земледелии из-за чрезвычайно малых горизонтальных размеров – 0,6 до 12 м (Korsunov et al., 2002), использоваться не может. Правда, сегодня не может. А в будущем, когда появятся новые машины для выполнения агротехнологических операций с высокой разрешающей способностью, такая возможность не исключается. Но, конечно, в любом случае, в точном земледелии должна получить развитие идея синтезирования элементарных единиц в более крупные, хозяйствование на которых станет экономически выгодным.

Итак, почвенная карта, полученная на основе исследований в нерегулярной сети «типичных» разрезов, главным образом, морфологии профиля и границы в которой уточняются с помощью топографии местности, не может совпадать с картой, полученной на основе исследований в регулярной сети разрезов и аналитических данных, обработанных чаще всего с помощью формальной кригинг-методологии интерполяции данных. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно сопоставить почвенную карту одного из наших объектов (например, Романив) с 2-D-диаграммами

(рис. 1 и 2). Еще ранее мы сопоставили элементарный почвенный ареал, полученный по В. М. Фридланду, и почвенный индивидуум, рассчитанный по Ф. И. Козловскому, и получили явное несовпадение контуров и их размеров.

Вместе с тем важным объединяющим моментом карт, полученных на основе двух принципиально разных подходов, является рельеф. Именно этот фактор выступает в качестве своеобразного арбитра в окончательном выделении контуров на традиционной карте. Тот же фактор одновременно выступает в качестве формирования неоднородности. Следовательно, между традиционной и геостатистической картами должно быть некоторое сходство. Правда, оно в значительной мере маскируется антропогенной деятельностью, ибо внесение удобрений, мелиорантов, механическая обработка и любая другая антропогенная деятельность усиливают неоднородность. Именно поэтому пространственная неоднородность содержания в почве подвижных питательных веществ достигает по нашим (Medvedev, 2007) и многим другим данным (Samsonova et al., 2001; Romanenkov et al., 2006) исключительно высоких величин.

Нельзя не отметить и другую важную причину несовпадения границ на картах, а именно: из-за различного набора определяемых аналитических характеристик. Почвенную карту обычно создают без учета физических, физико-механических и агрохимических характеристик, в то же время как раз перечисленные свойства составляют основу индикаторных оценок, с помощью которых планируют внесение минеральных удобрений, способы и глубину обработки, другие агротехнологические операции в точном земледелии.

Но главная причина несовпадения почвенной карты, полученной на основе «типичных» разрезов, и карты, полученной на основе регулярной сети точек опробования, – в том, что в первой из них почвенный покров представляется дискретным телом, свойства в котором изменяются скачкообразно, а во второй – континуальным телом, свойства которого изменяются постепенно.

Использование современных программных средств позволило сделать построение карты любого свойства почвы простой и очень производительной процедурой. Более того, стали доступны разнообразные трансформации с картами непосредственно в компьютере. Изменяя легенду можно легко увеличить или уменьшить число контуров, подсчитать их площади и даже создать разнообразные пространственные модели, примеры которых были продемонстрированы ранее (Medvedev, 2007). Эти и многие другие трансформации можно осуществить, не прибегая к распечатке и ручным операциям, не извлекая карту из компьютера. По существу – это и есть виртуальная карта, которая получила большое распространение в точном земледелии и не только в нем. Более того, следует признать, что, непосредственно изучая опыт точного земледелия в США и в Германии, а по литературным данным – во многих других странах, в том числе опыт ведущих исследователей этого направления (Д. Куртнер, В. П. Якушев, С. J. Dawson, R. J. Godwin, E. Volenius), мы пришли к выводу, что для планирования точного земледелия почвенная карта не нужна. Точнее, если структура почвенного покрова была правильно учтена в землеустроительном проектировании, а исследования индикаторных свойств почв произведены по регулярной сетке точек отбора, то поиск наиболее рациональных рабочих участков для организации дифференцированного внесения удобрений и проведения других точных агротехнологических операций можно осуществлять, опираясь именно на карты индикаторных свойств почв, а не на почвенную карту. Почвенная карта может понадобиться лишь в том случае, если землеустроители при нарезке полей, как это произошло на нашем объекте Романив, допустили ошибку и объединили в рамках одного поля севооборота несовместимые почвы. Однако, последующий опыт хозяйствования на этом поле показал, что часть поля требуется вывести из активного пользования и оставить под залужение. Так что и тут ошибка была исправлена, не прибегая к почвенной карте.

Разумеется, мы далеки от категоричности в смысле отказа от почвенной карты. Речь идет только о достаточности и возможности планирования точного земледелия, опираясь на виртуальные карты отдельных индикаторных свойств почв. Что же касается фундаментальной научной концепции о структуре почвенного покрова, реальных почвенных картах, синтезирующих «частную» информацию и формирующих представление о почвенном покрове как целостном природном образовании, то не может быть и речи об отказе от нее или какой-либо ревизии. Как раз напротив, появление новой информации о почвенном покрове, ранее не учтенной при разработке учения о структуре почвенного покрова, позволит усовершенствовать теорию и особенно ее практические приложения.

Причина несовпадения почвенных карт, карт структур почвенного покрова и карт, используемых в точном земледелии в том, что контуры на почвенных картах выделяют с помощью традиционных почвенно-географических принципов, которые в определенной мере игнорируют показатели плодородия почв. Для сельскохозяйственных целей нужно устанавливать не только постоянные (закономерные) границы между отдельными частями поля, но и временные (случайные) границы, которые формируются синхронно с изменениями погоды, применяемой технологии, развития и состояния культуры. Именно поэтому концепция структуры почвенного покрова для целей точного земледелия недостаточна.

Таким образом, нам представляется актуальным и вполне обоснованным введение новых границ в почвенном покрове, основанных на латеральном изучении свойств почв, – морфологических, физических, физико-механических и других. С помощью границ обоснована конфигурация производственных рабочих участков для дифференцированного применения агротехнологических операций.

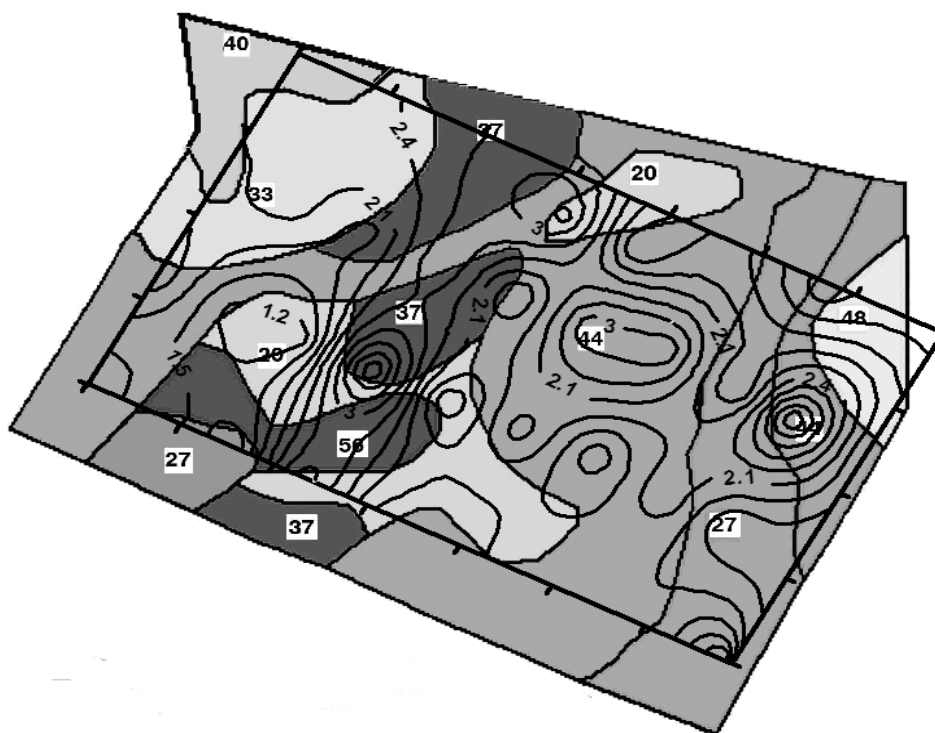


Рис. 1. Совмещение (кокригинг) почвенной карты объекта Романив с 2-D-диаграммой содержания гумуса

Типы почв показаны оттенками серого цвета, содержание гумуса (%) – изоплетами.

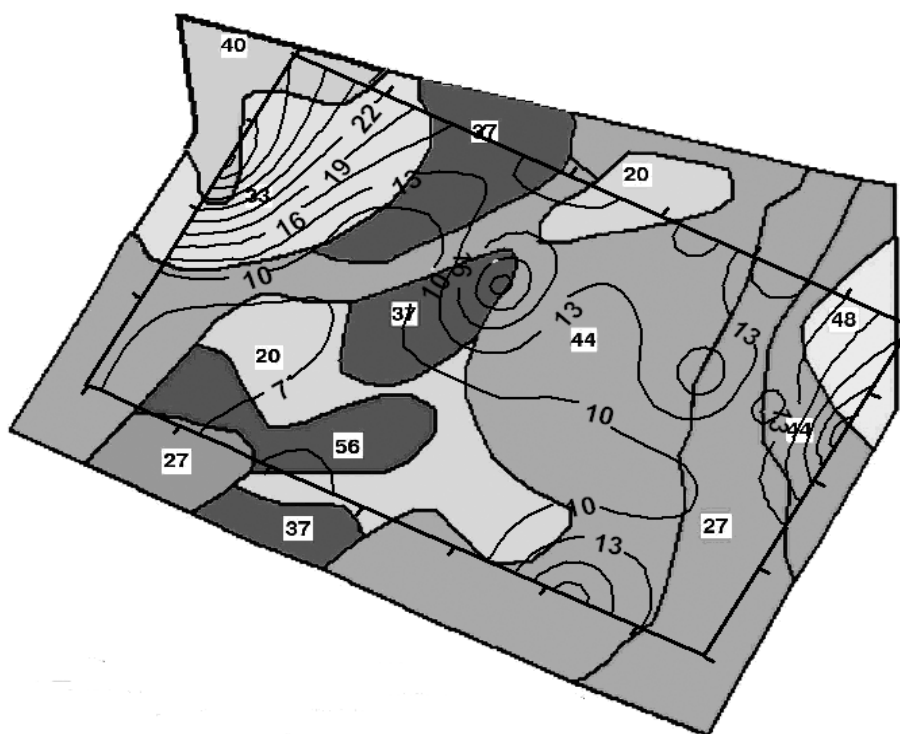


Рис. 2. Совмещение (кокригинг) почвенной карты объекта Романив с 2-D-диаграммой содержания подвижного фосфора

Типы почв показаны оттенками серого цвета, содержание фосфора (мг/100 г почвы) – изоплетами.

Соотношение площадей почв поля с разным уровнем плодородия. В заключении продемонстрируем соотношение в исследованных полях площадей, где целесообразна различная, в том числе нулевая, агротехнология. Для этого воспользуемся полученными 2-D-диаграммами (их примеры на рис. 3) и нормативами, представленными выше. Следует обратить внимание (табл. 3 и 4), что даже в полях наиболее проблемной зоны Полесья значительная часть полей не требует интенсивного рыхления, известкования и даже удобрения. Не менее точной должна быть система земледелия во всех других полях. Ясно, что чем больше площадь поля, допускающая минимизацию агротехнологий, тем выше экономическая и экологическая выгода от точного земледелия. Полагаем, что полученные данные поясняют возрастающий интерес в мире к точному земледелию (Jakushev et al., 2001; Godwin et al., 2002) и безусловные его перспективы в Украине.

Таблица 3

Соотношение (%) площадей с применением различных способов предпосевной обработки на исследованных объектах в зависимости от уровня равновесной плотности сложения почв

Объект	Способы обработки		
	без обработки	минимальная	стандартная для зоны
Ведильцы	10	50	40
Романив	60	30	10
Колки	25	40	35
Коротыч	50	40	10
Коммунар	70	25	5
Донецк	75	22	3

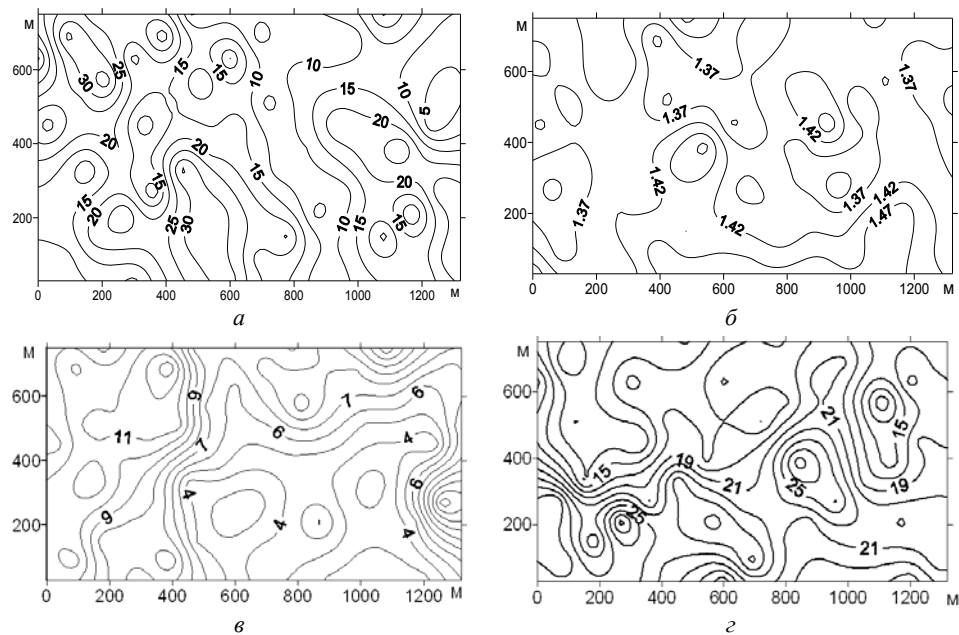


Рис. 3. 2-D-диаграммы пространственной неоднородности содержания глыб (а, %), равновесной плотности сложения (б, г/см³), подвижных форм азота (в, мг/кг почвы) в посевном слое и урожая зерна (г, к.е.), дерново-среднеподзолистая почва (Ведильцы)

Таблица 4

Соотношение (%) площадей на исследованных полях с различными уровнями применения минеральных и органических удобрений и сценарии химической мелиорации

Объекты	Минеральные удобрения				Органические удобрения			Сценарии химической мелиорации		
	Виды	Без удобрений	На запланированных урожай	Так же + доп. количество	Без удобрений	Среднее количество	Так же + доп. количество	Без мелиорации	Поддерживающий	Стандартный
Романив	N	100	0	0	14	65	21	30	26	44
	P	21	79	0						
	K	37	63	0						
Колки	N	100	0	0	45	17	38	80	13	7
	P	0	22	78						
	K	0	42	58						
Ведильцы	N	0	0	100	20	53	27	0	0	100
	P	70	26	4						
	K	24	73	3						
Коротыч	N	0	17	83	9	47	44	45	35	20
	P	28	72	0						
	K	90	10	0						
Коммунар	N	15	85	0	30	62	8	39	61	0
	P	100	0	0						
	K	100	0	0						
Донецк	N	0	42	58	1	87	12	—	—	—
	P	10	90	0						
	K	15	85	0						

ВЫВОДЫ

Рассмотрены континуальность и дискретность как формы проявления неоднородности почвенного покрова, использующиеся при построении соответственно зональной и точной систем земледелия. Введено представление об индикаторных свойствах и нормативах почв, при применении которых континуальный почвенный покров становится дискретным.

Точное земледелие базируется на новых почвенных границах, образующих в поле севооборота контуры с различным уровнем плодородия для дифференциации компонентов систем земледелия.

Использование принципов точного земледелия и обследование индикаторных свойств почв полей по регулярной сетке позволило разделить поле на контуры с тремя уровнями плодородия, один из которых характеризуется оптимальными или близкими к нему свойствами, что позволяет отказаться (или существенно сократить) от применения обработки, удобрения или химелиорантов.

Внедрение точного земледелия позволит заменить традиционную зональную систему земледелия точной – почвозащитной и ресурсосберегающей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Achasov, A. B., 2009.** Gruntovo-heoinformatsiini zasady protyeroziinoi optymizatsii ahrolandshaftiv: teoriia i praktyka [Soil-geoinformative base of landscape optimization: theory and practice], Referat of doctor science diss., Kyiv (in Ukrainian).
- Fridland, V. M., 1984.** Struktura pochvennogo pokrova [Structure of a soil cover], Mysl, 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.
- Gorjachkin, S. V., 2006.** Problema prioritetov v sovremennykh issledovaniiah pochvennogo pokrova: strukturno-funktsionalno-informatsionnyj podkhod ili partialnyj analiz [Problem of priorities in modern researches of a soil cover: the structurally – functional -information approach or the partial analysis], Proceedings «Modern natural and anthropogenous processes in soils and geosystems», Moscow, 53–80 (in Russian).
- Gychka, M. M., 2007.** Naukove obgruntuvannia metodiv dystantsiinoho zonduvannia v monitorynhu gruntiv [Scientific substantiation of remote sensing methods in soil monitoring], Referat of cand. science diss., Kharkiv (in Ukrainian).
- Jakushev, V. P., Poluektov, R. A., Smoljar, E. I., Topazh, A. G., 2001.** Tochnoe zemledelie (analiticheskij obzor) [Precise agriculture (state-of-the-art review)], Agrochemical bulletin, 5, 28–33 (in Russian).
- Korsunov, V. M., Krasekha, E. N., Galdin, V. P., 2002.** Metodologiya pochvennykh ekologo-geograficheskikh issledovaniy i kartografii pochv [Methodology of soil ecology-geographical researches and soil cartography], Publishing of Buryat NC of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science, Ulan-Ude (in Russian).
- Kozlovsky, F. I., 2003.** Teoriia i metody izucheniia pochvennogo pokrova. Pochvennyj individuum i metody ego opredeleniia [Theory and methods of soil cover studying. A soil individuum and methods of its definition], GEOC, Moscow, 249–267 (in Russian).
- Kuziakova, I. F., 2006.** Kontsepsiia pochvennogo individuumu v svete sovremennykh predstavlenij o pochvennoj neodnorodnosti [Concept of a soil individuum in a view of modern representations about soil heterogeneity], Proceedings «Modern natural and anthropogenous processes in soils and geosystems», Moscow, 324–344 (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2007.** Neodnorodnost pochv i tochnoe zemledelie. Chast 1. Vvedenie v problemu [Soil heterogeneity and precise agriculture. Part 1. Introduce in the problem], 13 Publishing house, Kharkiv (in Russian).
- Medvedev, V. V., 2009.** Neodnorodnost pochv i tochnoe zemledelie. Chast 2. Rezultaty issledovaniy [Soil heterogeneity and precise agriculture. Part 2. Results of investigation], 13 Publishing house, Kharkiv (in Russian).
- Petersen, H., Fleige, H., Rabbel, W., Horn, R., 2006.** Geophysical Methods for Imaging Soil Compaction and Variability of Soil Texture on Farm Land. Advances in Geocology 38 “Soil Managing for Sustainability”, Catena, Verlag

GMBH, 35447, Reiskirchen, Germany, 261–272.

Romanenkov, V. A., Larin, V. E., Lukin, S. M., 2006. Issledovanie protsessov, opredelyayushchikh prostranstvennoe izmenenie plodorodiia pakhotnykh pochv dlia modelirovaniia urozhajnosti [Research of the processes defining spatial change of arable soil fertility for modelling of productivity], Proceedings «Modern natural and anthropogenous processes in soils and geosystems», Moscow, 305–323 (in Russian).

Samsonova, V. P., Meshalkina, J. L., Dmitriev, E. A., 2001. Struktury prostranstvennoj varibelnosti agrochimicheskikh svoystv pakhotnoj dernovo-podzolistoj pochvy

[Structure of spatial variability of agrichemical properties of arable soddy-podsolic soil], Theoretical and methodological problems of soil science, GEOC, Moscow, 318–331 (in Russian).

Stepanov, I. N., 1986. Formy v mire pochv [Forms in the world of soils], Nauka, Moscow (in Russian).

Truskavetsky, S. R., 2006. Vykorystannia bahatospektralnoho kosmichnoho skanuvannia na heoinformatsiinykh system u doslidzhenni gruntovoho pokryvu Polissia Ukrainy [Using of multispectral space scanning and geoinformative system in investigation of soil cover Polyssia of Ukraine], Referat of cand. science diss (boil). Kharkiv (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 18.03.2015

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. Н. А. Білова