

УДК 631.43

В.М. Панасенко<sup>1</sup>, А.Б. Ачасов<sup>2</sup>, А.А. Ачасова<sup>2</sup><sup>1</sup>Государственный научно-технологический центр охраны плодородия почв,  
г. Киев<sup>2</sup>Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева**ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ НЕАГРЕГИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ  
ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПОЧВАХ. МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДИКИ**

Приведены примеры использования оценки содержания неагрегированных ЭПЧ в целях мониторинга состояния почв. Указано, что основной причиной редкого использования данного показателя является трудоемкость и недостаточная точность анализа. На основании проведенных исследований предложена модификация метода определения содержания неагрегированных ЭПЧ, позволяющая частично автоматизировать процесс подсчета, тем самым, повысив точность и скорость определения.

Ключевые слова: элементарные почвенные частицы, технологическая нагрузка, деградация почв, мониторинг, методика определения неагрегированных ЭПЧ, кластерный анализ.

Элементарные почвенные частицы (ЭПЧ) являются каркасом почвенной структуры. Размер и форма структурных агрегатов во многом обусловлены соотношением, составом и расположением в них элементарных почвенных частиц [1]. Во фракциях размером  $>0,05$  мм ЭПЧ в основном представлены кварцем, изредка полевыми шпатами. ЭПЧ находятся в почвах как в свободном, так и в агрегированном состоянии. По данным различных авторов, содержание неагрегированных ЭПЧ в почвах зависит от особенностей почвообразующей породы, типа почвообразования, климатических факторов (в частности частоты циклов замораживания-оттаивания почвы в течение сезона).

Кроме того, мощнейшим фактором, обуславливающим количество неагрегированных ЭПЧ в почвах, является интенсивность их антропогенного использования. Распашка целинных почв, по данным [2] приводит к снижению их микроагрегированности, и, соответственно, увеличению содержания свободных ЭПЧ. Как отмечено [3], любое возделывание служит причиной временного повышения содержания неагрегированных ЭПЧ.

Содержание неагрегированных ЭПЧ служит показателем агрегированности почв и, соответственно, изменение это показателя свидетельствует о процессах дезагрегации почв, в результате чего увеличивается их плотность, ухудшаются водно-физические свойства, уменьшается устойчивость к водной и ветровой эрозии. [1, 4].

Как показали исследования [5,6], содержание ЭПЧ может успешно использоваться для оценки противодефляционной устойчивости почв, что приобретает особую актуальность в связи с участившимися в последние годы в Украине пыльными бурями.

По нашим данным [7], содержание неагрегированных ЭПЧ в легкосуглинистых темно-серых и лугово-черноземных почвах тесно связано с интенсивностью сельскохозяйственного использования, выраженной в энергетических единицах и временем, прошедшим после проведения технологических операций. Коэффициенты корреляции  $r$  между количеством внесенной антропогенной энергии и содержанием неагрегированных ЭПЧ составляли 0,90 для темно-серой оподзоленной и 0,93 для лугово-черноземной почвы. Причем на содержание

неагрегированных ЭПЧ оказывало влияние не только механическая обработка почв, но и внесение химических удобрений. В ходе исследований было установлено, что под влиянием сельскохозяйственного использования в почвах происходят морфологические изменения, которые выражаются в уменьшении толщины слоя агрегирующего материала на поверхности ЭПЧ, увеличении количества оголенных ЭПЧ низших порядков на поверхности микроагрегатов, а также формировании „переходных” ЭПЧ, которые только частично покрыты агрегирующим материалом. Увеличение содержания неагрегированных ЭПЧ в исследованных почвах происходило двумя путями: за счет общего увеличения в почве количества фракции  $< 1$  мм, и вследствие изменения соотношения микроагрегатов и неагрегированных ЭПЧ во фракциях  $< 1$  мм.

Таким образом, содержание неагрегированных ЭПЧ с успехом может использоваться в качестве индикатора состояния почв при мониторинге их физической деградации, противоэрозионной и противодефляционной устойчивости.

Для определения содержания в почве неагрегированных ЭПЧ традиционно используют метод их прямого подсчета в поле микроскопа в отраженном свете [8]. Метод весьма трудоемок, требует значительных затрат времени на анализ одного образца, что, вероятно, и обуславливает его крайне редкое использование для проведения почвенных исследований.

**Методика анализа.** Образцы почвы высушиваются до воздушно-сухого состояния. Из каждого образца отбирается навеска 500 г и рассеивается на ситах с диаметрами отверстий 0,5; 0,25; 0,2; 0,16; 0,1; 0,063 и 0,05 мм. Каждую фракцию агрегатов взвешивают и высчитывают ее процентное содержание к общей массе образца. После этого каждая из фракций рассеивается на стекло с матовым покрытием, которое устанавливается на столе микроскопа, где и проводится прямой визуальный подсчет количества неагрегированных элементарных почвенных частиц в отраженном свете. Количество повторностей – 6, количество микроскопных полей одной фракции должно быть не меньше 20. Установив процентное содержание неагрегированных элементарных почвенных частиц в каждой фракции, определяют их процент относительно массы исходного образца. Сумма содержания неагрегированных ЭПЧ в процентах во всех фракциях почвенного образца ( $C_{\text{факт}}$ ) показывает неагрегированность ЭПЧ в почве.

Использование данной методики для анализа почв позволило нам выявить в ней ряд существенных недостатков, которые мы попытались преодолеть за счет предлагаемой в данной статье модификации.

Во-первых, при подсчете неагрегированных ЭПЧ в отраженном свете нередко возникает сложность их идентификации среди микроагрегатов. А именно: иногда свободные ЭПЧ покрыты тонким слоем высокодисперсного материала, который при подсчете в отраженном свете поглощает лучи и не дает зеркального эффекта, в результате чего они могут быть не выявлены. В свою очередь микроагрегаты могут иметь на поверхности большое количество частично оголенных ЭПЧ, в результате чего микроагрегат может быть определен как неагрегированная ЭПЧ. Также из-за того, что поле микроскопа хорошо освещается только со стороны подачи света, микроагрегаты и неагрегированные ЭПЧ дают тень, которая также усложняет их подсчет.

Во-вторых, необходимость прямого визуального подсчета при большом количестве повторностей создает значительную нагрузку на зрение аналитика, при этом результаты анализа остаются в значительной мере субъективными, что повышает трудоемкость, увеличивает затраты времени и снижает точность определения содержания неагрегированных ЭПЧ.

Для устранения вышеупомянутых недостатков и усовершенствования методики определения ЭПЧ нами предлагается модификация данного метода, состоящая в следующем:

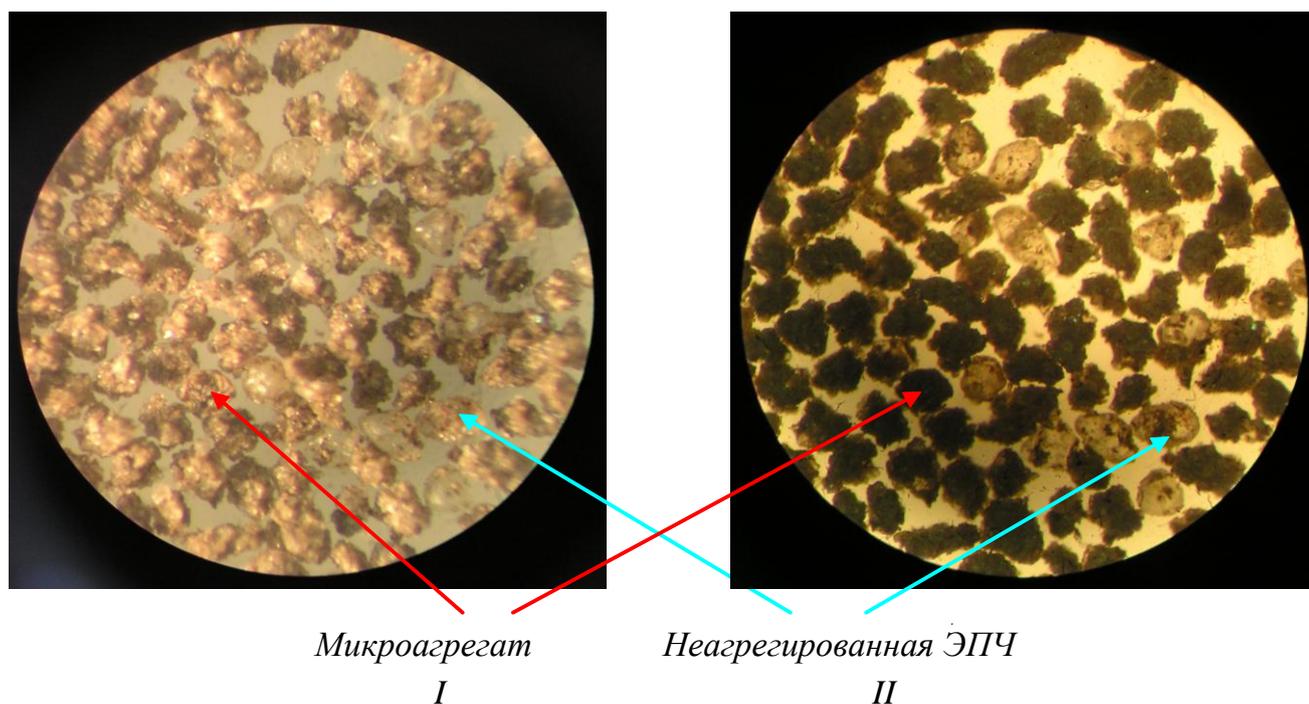
изменение направления подачи света;

использование цифровой фотокамеры для получения цифрового изображения рабочего поля микроскопа;

автоматизация подсчета неагрегированных ЭПЧ с использованием кластерного анализа цифровых изображений с помощью ЭВМ.

В исходной методике свет на предметное стекло должен подаваться сбоку электролампой накаливания, которая крепится на шарнирном кронштейне.

В нашей модификации свет подается снизу, при этом, отражаясь от матовой пластины отражателя и вертикально проходя через предметное стекло, он равномерно освещает находящийся в поле микроскопа образец. При этом неагрегированные минеральные ЭПЧ, будучи по своей природе полупрозрачными, приобретают светло-желтую окраску и четко выделяются среди микроагрегатов, которые, не пропуская света, имеют однородную черную окраску (рис.1). Также изменение подачи света устраняет тени, создающие значительные помехи при подсчете ЭПЧ (рис.1). Изменение направления подачи света устраняет указанные недостатки идентификации неагрегированных ЭПЧ и облегчает их подсчет.

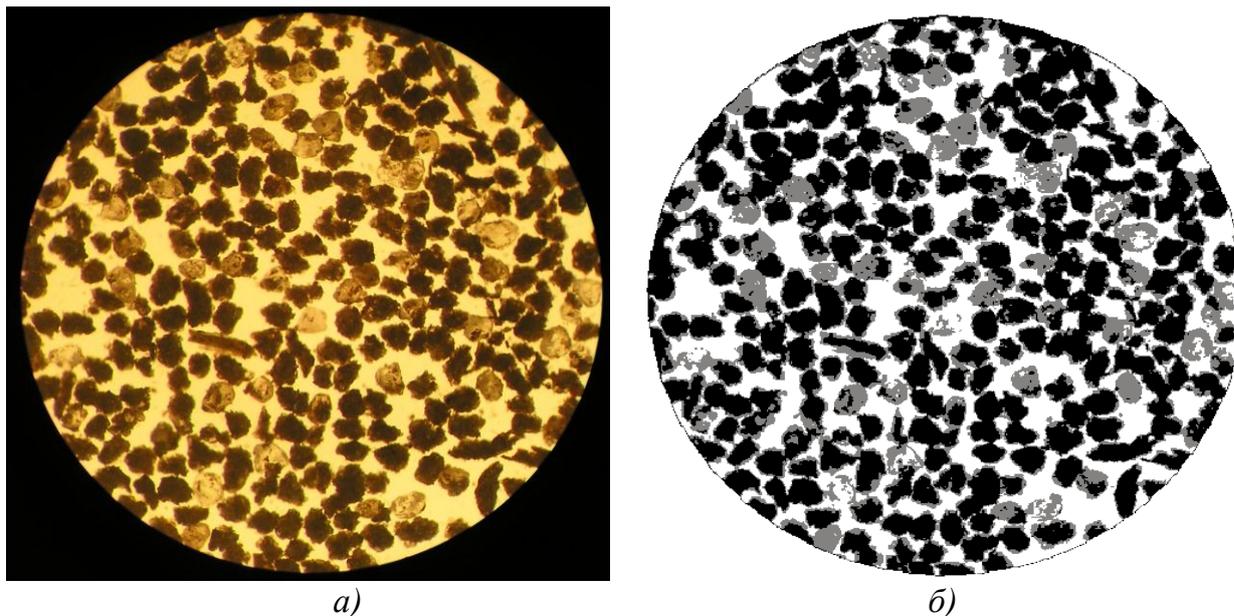


**Рис. 1. Сравнительное изображение микроагрегатов и неагрегированных ЭПЧ при разных вариантах подачи света (I – в отраженном свете; II – в проходящем свете).**

Важным разделом микроморфологических исследований является фотографирование микрообъектов. В практике для этого используется для этого микрофотонасадка или зеркальный фотоаппарат, которые соединяются с верхней частью тубуса микроскопа переходным кольцом. Мы предлагаем использовать для этого обычные цифровые фотоаппараты (в нашем случае это был Olympus C-350), которые на сегодняшний день широко применяются в том числе и для исследования почв [9]. Это дает возможность получать изображение в цифровом формате для его последующей обработки и анализа с помощью соответствующих компьютерных программ, т.е. позволяет создавать цифровые банки данных содержания

неагрегированных ЭПЧ в почвах, анализировать полученную информацию в динамике, сравнивать снимки разных почв и т.д.

Автоматизация подсчета неагрегированных ЭПЧ способна устранить погрешность, обусловленную человеческим фактором, и значительно ускорить сам процесс подсчета. Для этого мы предлагаем использовать процедуру кластерного анализа изображений, с помощью которой проводится классификация изображения по цвету и вычисление процентного содержания полученных кластеров. В наших исследованиях мы использовали ГИС TNT lite 6.3. На рис. 2 показан пример использования кластерного анализа для автоматизированного подсчета неагрегированных ЭПЧ.



**Рис. 2. Микроагрегаты и неагрегированные ЭПЧ во фракции 0,2-0,25 мм темно-серой оподзоленной почвы**

*а – «исходное» изображение (фотоснимок поля микроскопа);*

*б – изображение, обработанное в программе TNT lite 6.3.*

Выделено три кластера, которые отвечают микроагрегатам, неагрегированным ЭПЧ и полю микроскопа, соответственно. Автоматически высчитывается процент каждого кластера. Конечным результатом является процентное содержание микроагрегатов и неагрегированных элементарных почвенных частиц.

Таким образом, предлагаемая модификация метода определения содержания неагрегированных ЭПЧ в почвах является существенным шагом к упрощению аналитической части исследований микроструктуры почвы и широкого внедрения указанного метода, которое до этого сдерживалось его трудоемкостью и определенной субъективностью полученных результатов.

**Бibliографический список:** 1. Воронин А.Д. Основы физики почв: учеб. пособие. / А.Д. Воронин – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – С. 244. 2. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. / В.В. Медведев – М.: Наука, 1987. – 215 с. 3. Булыгин С.Ю. Формирование агрегатного состава и оценка его изменения. / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 783-788. 4. Данилова В.И. Изменение структурного состояния почв при уплотнении и саморазуплотнении / В.И. Данилова // Почвоведение. – 1996. – № 10. – С. 1203-1212. 5. Хотиненко О.М. Оцінка протидефляційної стійкості ґрунтового покриву Південного Степу України: – автореф. дис. на здобуття канд. наук. ступеня 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика. – Харків, 2008. – 21 с.

6. Письменный О.В. Классификация за вітростійкістю ґрунтів Степу України//Вісник аграрної науки Причорномор'я, 145. Випуск 3, 2009. – С.143-148. 7. Панасенко В. М. Вплив технологічного навантаження на структурні рівні організації темно-сірого опідзоленого та лучно-чорноземного ґрунтів Лівобережного Лісостепу: дис. канд. наук: 06.01.03 - 2008. 8. А.с. № 2026550 Кл. С1. – 9.01.1995 р. / Булыгин С.Ю., Лисецкий Ф.Н. Способ определения влияния обработки на почву. 9. Ачасов А.Б. Использование материалов космической и наземной цифровой фотосъемки для определения содержания гумуса в почве / А.Б. Ачасов, Д.І. Бидолах // Почвоведение.- №3.- 2008.-С. 280-286.

**Панасенко В.М., Ачасов А.Б., Ачасова А.О.  
ОЦІНКА ВМІСТУ НЕАГРЕГОВАНИХ ЕГЧ В ҐРУНТАХ.  
МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДИКИ**

*Наведені приклади використання оцінки вмісту неагрегованих ЕГЧ для моніторингу стану ґрунтів. Показано, що трудомісткість і недостатня точність існуючого методу визначення неагрегованих ЕГЧ в ґрунтах є головною причиною, з якої цей метод рідко використовується в ґрунтових дослідженнях. Запропонована модифікація методу спрямована на часткову автоматизацію визначення вмісту неагрегованих ЕГЧ, яка дозволяє знизити трудомісткість методу, одночасно підвищуючи точність та швидкість визначення.*

*Ключові слова: елементарні ґрунтові частки, технологічне навантаження, деградація ґрунтів, моніторинг, методика визначення неагрегованих ЕГЧ, кластерний аналіз.*

**V.M. Panasenko, A.B. Achasov, A.A. Achasova  
AN ESTIMATION OF MAINTENANCE OF THE UNAGGREGATED  
ELEMENTARY SOIL PARTICLES IS IN SOILS. MODIFICATION OF METHODS**

*Examples of the use of estimation of maintenance of unaggregated ESP are made for monitoring of the state of soils. It is indicated that principal reason of the rare use of this index is labour intensiveness and insufficient exactness of analysis. On the basis of the conducted researches modification of method of determination of maintenance of unaggregated ESP is offered, allowing partly to automatize the process of count, the same, promoting exactness and speed of determination.*

*Keywords: elementary soil particles, technological loading, degradation of soils, monitoring, methods of determination of unaggregated ESP, cluster analysis.*