



УДК 631.459

Черный С.Г.

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
заведующий кафедрой почвоведения и агрохимии,  
*Николаевский национальный аграрный университет*

Поляшенко Н.В.

аспирант кафедры почвоведения и агрохимии,  
*Николаевский национальный аграрный университет*

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПУСТИМОЙ НОРМЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ

В статье рассмотрены вопросы методики определения допустимой нормы эрозии почв. Для идентификации индекса продуктивности эродированных и неэродированных черноземных почв региона были заложены несколько почвенных разрезов. Приведены расчеты модифицированного индекса продуктивности почв. Исследовано распределение МИП в метровом слое черноземных почв.

**Ключевые слова:** эрозия, почва, норма эрозии почв, индекс продуктивности почв.

**Черный С.Г., Поляшенко Н.В. До питання визначення норми ерозії ґрунтів**

У статті розглянуті питання методики визначення допустимої норми ерозії ґрунтів. Для ідентифікації індексу продуктивності еродованих та нееродованих чорноземних ґрунтів регіону були закладені кілька ґрунтових розрізів. Наведено розрахунки модифікованого індексу продуктивності ґрунтів. Досліджено розподіл МІП в метровому шарі чорноземних ґрунтів.

**Ключові слова:** ерозія, ґрунт, норма ерозії ґрунтів, індекс продуктивності ґрунтів.

**Chorny S.U., Polyashenko N.V. On the question of determining the rules of soil erosion**

The questions of methodology for determining the allowed level erosion. To identify the productivity index and eroded black soil region were laid some ground cuts. Calculations modified soil productivity index. The distribution of IIP in the meter layer of black earth soils.

**Key words:** erosion, the soil, the rate of soil erosion, soil productivity index.

**Вступление и обзор литературы.** Сравнение реальных темпов эрозии почв с ее допустимым значением является необходимой процедурой, как при конкретном противоэрозионном проектировании, так и при долгосрочном управлении почвенными ресурсами определенной территории. Поэтому понятие «допустимая норма эрозии (ДНЭ) является одним из тех базовых терминов, который обеспечивает существование эрозиоведения как самостоятельного научного направления [7].

У. Уишмейер и Д. Смит [27] определили ДНЭ как максимальный уровень почвенной эрозии, который будет позволять бесконечно долго получать высокий, обоснованный с экономической точки зрения, урожай. В Национальном обзоре по исследованию почв Службы охраны природных ресурсов США сформулирована концепция ДНЭ как «максимальной величины эрозии, при которой будет

сохраняться качество почвы как среды для роста и развития растений» [26]. В то же время, в Почвенном словаре Американского общества почвоведов [25] одновременно приведено два определения ДНЭ: как «максимальные средние ежегодные потери почвы, которые позволяют непрерывно поддерживать плодородие почв без необходимости дополнительных управляющих действий» и как «максимальные потери почвы от эрозии, которые теоретически компенсируются за счет максимальной нормы почвообразования таким образом, что будет соблюдаться нулевой баланс почвы». В монографии Моргана [20] было заявлено, что под ДНЭ следует понимать «максимально допустимую величину эрозии, при которой будет сохраняться почвенное плодородие в течение 20-25 лет». В государственном стандарте Украины, посвященному эрозиоведческой терминологии, ДНЭ определена как «максимальная

потеря почвы от эрозии, которая не приводит к деградации почвенного покрова и устанавливается с учетом существующих или перспективных почвенно-охранных возможностей и (или) скоростей формирования гумусового горизонта определенной почвы» [11].

Анализ литературных источников показал, что существующие ныне методы определения ДНЭ можно разделить на несколько подходов. Это, во-первых, определение ДНЭ с учетом и сохранением важных свойств почв (в частности, величины гумусового горизонта и содержания гумуса) или только их корнеобитаемого слоя [26; 27]; во-вторых, на основе скоростей почвообразования [6; 7; 12], а также с учетом заданного изменения продуктивности почв под действием эрозии [16; 23].

Исходная идея была сформулирована американскими учеными в виде математических выражений, по которым рассчитывается ДНЭ (или Т-уровень, в терминологии авторов) в тоннах на гектар в год [23]. В этой методике при расчетах учитывается допустимая величина сокращения продуктивности почв, исходное плодородие почв, выраженное через индекс продуктивности (ИП), плотность почвы, горизонт планирования (годы), а также функция, определяющая скорость изменения продуктивности почвы под влиянием эрозии. Допустимое сокращение продуктивности почв, согласно этой методике, является той потерей почвы в результате эрозии, которая будет, по мнению авторов, компенсирована в будущем «за счет почвообразования, прогресса в техно-

логиях, либо достижениями при реализации растениеводческого генетического потенциала» [23]. В исходной работе предлагаются разные горизонты планирования (50, 100 или 200 лет).

**Методика исследований.** Определение ДНЭ с помощью метода, который рассматривает допустимое сокращение производительности почв в заранее определенных временных рамках, предусматривает количественную оценку качества почвы через ИП. Для идентификации индекса продуктивности эродированных и неэродированных черноземных почв региона были заложены несколько почвенных разрезов. Два разреза на черноземах южных и четыре – на черноземах обыкновенных. Координаты этих разрезов приведены в таблице 1.

В разрезах через каждые 10 см до глубины в 120 см определялась плотность почвы (методом режущего кольца), а также были отобраны образцы с нарушенной структурой для определения физических и химических свойств почвы (гранулометрического состава, содержания гумуса, подвижного фосфора и калия, рН почвенного раствора). Эти свойства определялись по методикам, принятым в Украине.

**Результаты исследований.** 1. *Модификация ИП.* В основе метода определение ДНЭ как потери почвы, соответствующей определенному допустимому сокращению плодородия почв в рамках некоторого заданного горизонта планирования, положено изменение ИП. Изначально модель ИП была разработана для «моллисолей» Среднего Запада США в

Таблица 1

**Координаты и описание исследуемых почв**

№ з/п	Название почв	Координаты почвенных разрезов		МИП	V
1.	Черноземы обыкновенные неэродированные (НЭЧО)	N 47°53'08,5"	E 031°48'10,6"	0,7554	0,0009
2.	Черноземы обыкновенные эродированные (ЭЧО)	N 47°53'06,1"	E 031°48'26,0"	0,6885	0,0009
3.	Черноземы южные неэродированные (НЭЧЮ)	N46°55'20,5"	E 031°40'56,2"	0,7753	0,0008
4.	Черноземы южные эродированные (ЭЧО)	N 46°54'35,4"	E 031°40'04,4"	0,4143	0,0006
5.	Черноземы обыкновенные неэродированные (НЭЧО -2)	N 47°53'28,8"	E 031°49'11,3"	0,7857	0,0009
6.	Черноземы обыкновенные эродированные (ЭЧО-2)	N 47°53'03,1"	E 031°49'17,0"	0,6509	0,0007



результате экспериментов с кукурузой и соей и отражала в своей структуре только «невосполнимые» свойства почв [23; 24]. В расчеты для каждого слоя почвы брались следующие параметры: водоудерживающая способность почвы ( $A_i$ ), плотность сложения ( $C_i$ ), pH почвенного раствора ( $D_i$ ), а также показатель WF, показывающий на долю корней в каждом слое от их общего количества. Каждый был нормирован в долях единицы, от 0 до 1.

Расчет ИП (IP – в англоязычных текстах) [23, 24] представляет собой произведение всех показателей по каждому слою, а затем суммирование послойных значений.

Общая запись уравнения имеет следующий вид:

$$IP = \sum_{i=1}^n (A_i \cdot C_i \cdot D_i \cdot WF), \quad (1)$$

где n – количество слоев.

«Невосполнимые» свойства в формуле (1) при ближайшем рассмотрении вполне регулируются мелиорантами, орошением и обработками почв, а поэтому многие авторы, используя предложенную структуру индекса, стали вводить и другие показатели плодородия почв.

Это, например, содержание водорастворимых солей [19; 21; 23], содержание поглощенного натрия [14], водопроницаемость почвы [13], содержание гумуса [16], показателей гранулометрического состава почвы [15] и т.п. При этом, однако, в качестве показателя WF использовался функция из модели (1).

Что касается региона наших исследований, то для определения конечного перечня показателей по расчету модифицированного варианта индекса продуктивности необходимо обратить внимание на работы украинских ученых по бонитировке почв, в которых определяются параметры оценки плодородия черноземов. В наиболее современной и подробной работе В.В. Медведева и И.В. Плиско [3] на основании данных прошлых подходов к бонитировке украинских почв и существующих взаимосвязей в системе «почва-урожай» приводят 9 показателей, которые наиболее полно описывают почвенное плодородие. Это мощность корнеобитаемого слоя почвы, содержание гумуса, pH почвенного раствора, содержание физической глины, плотность сложения, содержание

подвижного фосфора, содержание подвижного калия, глубина залегания глеевого горизонта и удельное сопротивление почв. Важным показателем плодородия почв в засушливой Правобережной Степи Украины является диапазон активной влаги (ДАВ), который указывает на способность почвы обеспечивать сельскохозяйственные растения водой.

Очевидно, что критическое рассмотрение этих показателей с точки зрения поставленных задачи и анализ опубликованных работ по модификации ИП, изложенных выше, позволяет сделать некоторые исключения из предложенного авторами перечня. В частности, первый показатель – глубина корнеобитаемого слоя – учитывается в модели (1) через функцию WF. Он не имеет прямого отношения к поставленной задаче определения глубины залегания глеевого горизонта и показателя удельного сопротивления почв. К тому же, анализ исходных данных показал, что гранулометрический состав исследуемых почв более-менее монотонный и не меняется в широких пределах – содержание физической глины (сумма частичек меньше 0,01 мм) по разрезам меняется в диапазоне 50-60 %, что делает оценки влияния этого показателя на продуктивность достаточно однообразным и не изменяющимися как по степени эродированности почв, так и по профилю разных подтипов черноземов. Поэтому из приведенного перечня показателей, определяющих ИП, следует исключить содержание физической глины. Это же касается и важного водно-физического показателя – ДАВ, который согласно [1] в черноземах Украины определяется содержанием физической глины, а поэтому практически не изменяется ни по горизонтам, ни по степени эродированности почв, которые исследуются.

На наш взгляд, коррекции подлежит не только сам перечень показателей, но и способ их интерпретации в расчете индекса продуктивности. Анализ полученных данных показал, что в наших выборках наблюдается достаточно большой разброс данных по содержанию питательных веществ и гумуса, особенно в пахотном слое почвы, что, вероятно, связано с внесением удобрений. Поэтому, на наш взгляд, в модифицированном варианте индекса продук-

тивности, приспособленном для почв Правобережной Степи Украины, должно фигурировать не перемножение значений показателей, определяющих влияние определенных свойств почв на величину индекса продуктивности, а более сложная процедура осреднения. Мы считаем, что наиболее точно модифицированный индекс будет отражать продуктивность почв, если вместо послыного перемножения переменных будет оцениваться среднее значение параметров плодородия через определение среднего геометрического. Важно подчеркнуть, что при этом в процедуру осреднения не попадает показатель  $WF$ .

Таким образом, модифицированный индекс продуктивности почв (МИП) в метровой толще почвы следует рассчитывать по формуле:

$$\text{МИП} = \sum_{i=1}^{10} (h_i \cdot \rho_i \cdot \gamma_i \cdot \kappa_i)^{0,2} \cdot WF_i, \quad (2)$$

где  $i$  – номер слоя почвы ( $i=1, 2, 3, \dots, 10$ );  $h_i$ ,  $\rho_i$ ,  $\gamma_i$ ,  $\kappa_i$  – соответственно, нормированное влияние содержания гумуса, рН, плотности сложения, содержания подвижного фосфора и калия на величину модифицированного индекса продуктивности почв (МИП) в  $i$ -м слое почвы;  $WF_i$  – параметр, показывающий долю корней растений от их общего количества в каждом  $i$ -м слое. Каждый из этих параметров нормирован в долях единицы, от 0 до 1.

Рассмотрим оценки каждой составляющей правой части уравнения (2).

Оценка влияния содержание гумуса как источника питательных веществ и как вещества, который благоприятно влияет на физические, химические и биологические свойства украинских черноземов, изложена в многочисленных работах [например, 3; 4 и др.]. Однако высокая роль гумуса в формировании продуктивности почв наиболее ярко прослеживается в низко- и среднегумусных почвах. При содержании гумуса больше 3,5-4,0% влияния на урожайность сельскохозяйственных культур уже не ощущается [3]. А поэтому нормированное значение влияния гумуса на плодородие ( $h_i$ ) будет иметь следующий вид:

$$h_i = \begin{cases} h/3,5, & \text{если } h \leq 3,5 \% \\ 1, & \text{если } h > 3,5 \% \end{cases}, \quad (3)$$

где  $h$  – содержание гумуса, %.

Влияние рН почвенного раствора на плодородие почв приведено в ряде работ [3; 23 и др.]. Обобщение этих данных в диапазоне величины рН, которые фигурирует в почвах региона (рН = 6,0 – 8,5), позволило получить следующую зависимость, которая использовалась в нашем случае для расчета модифицированного индекса продуктивности:

$$\rho_i = -0,067 \cdot (\text{pH})^2 + 0,875 \cdot (\text{pH}) - 1,863. \quad (4)$$

В (4)  $\rho_i$  – нормированное значение активности ионов водорода в почвенном растворе.

Влияние плотности сложения почвы ( $\gamma$ ) на плодородие почв, в том числе и украинских, приводится в ряде журнальных статей и монографиях [2; 3; 23]. Обобщение этих данных позволило получить следующую квадратичную зависимость:

$$\gamma_i = -5,414 \cdot (\gamma^2) + 12,959 \cdot (\gamma) - 6,806, \quad (5)$$

где  $\gamma_i$  – нормированное значение плотность сложения, г/см<sup>3</sup>.

Роль содержания подвижных форм фосфора ( $\rho$ ) и калия ( $\kappa$ ) в расчете модифицированного индекса продуктивности определялось следующими формулами:

$$\rho_i = \begin{cases} P_2O_5/45, & \text{если } P_2O_5 \leq 45 \\ 1, & \text{если } P_2O_5 > 45 \end{cases} \quad (6)$$

и

$$\kappa_i = \begin{cases} K_2O/300, & \text{если } K_2O \leq 300 \\ 1, & \text{если } K_2O > 300 \end{cases}. \quad (7)$$

В (6, 7)  $P_2O_5$  и  $K_2O$  – содержание подвижных форм, соответственно, фосфора и калия, мг/кг почвы.

При составлении уравнений (6) и (7) учитывались обобщения по этому вопросу, изложенных в работах [3; 4; 5 и др.], а также данные государственного стандарта «Качество почв. Показатели плодородия почв». Исходя из приведенных публикаций, содержание 45 мг/кг почвы подвижного  $P_2O_5$  и 300 мг/кг почвы подвижного  $K_2O$  являются теми значениями, при которых уже не наблюдается увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

Наконец, остался не идентифицированный еще только один показатель из уравнения по расчету модифицированного индекса продуктивности почв (МИП), а именно, параметр  $WF$ , показывающий долю корней в каждом слое от



их общего количества. Обобщение литературных данных [8; 23] показало, что основных сельскохозяйственных культур региона этот показатель можно рассчитать по следующему уравнению:

$$WF_i = 0,5 \cdot e^{-0,05 \cdot \eta}, \quad (8)$$

где  $\eta$  – глубина слоя почвы, см.

2. Модель расчета ДНЭ. В общем виде, ДНЭ [15; 23] является отношением допустимой величины потеряннного плодородия почв за определенный промежуток времени:

$$G = \theta \cdot (\Delta P / T), \quad (9)$$

где  $G$  – ДНЭ, т/га в год;  $\theta$  – пересчетный показатель;  $\Delta P$  – допустимое изменение плодородия, безразмерная величина;  $T$  – временной горизонт планирования, годы. Последний показатель, как указано выше, рекомендуется принять за 50, 100 или 200 лет.

Если, согласно существующим подходам [16; 23 и др.], изменение плодородия почв следует выразить через трансформацию индекса продуктивности либо его модифицированной версии (МИП), то допустимое изменение

плодородия ( $\Delta$ МИП) будет измеряться как разница между исходным значением индекса (МИП<sub>исх</sub>) и его значением в момент времени  $T$  (МИП<sub>Т</sub>):

$$\Delta P = \Delta \text{МИП} = \text{МИП}_{\text{исх}} - \text{МИП}_T. \quad (10)$$

Пересчет изменения плодородия в миллиметры слоя почвы происходят с помощью показателя  $V$ , который определяется делением величины изменения значения МИП по почвенному профилю на определенную глубину и показывает на скорость изменения почвенного плодородия при реализации эрозионных процессов. Некоторые авторы [23] считают, что показатель  $V$  должен рассчитываться для верхнего 500 миллиметрового слоя. Однако анализ природных и хозяйственных условий в местах проведения наших почвенных исследований и расчеты по адекватным математическим моделям почвенной эрозии показывает, что даже при нынешней крайне не рациональной структуре посевных площадей эрозионные потери почвы нигде не будут превышать 15-25 т/га в год. Т.е. даже при самом негативном развитии

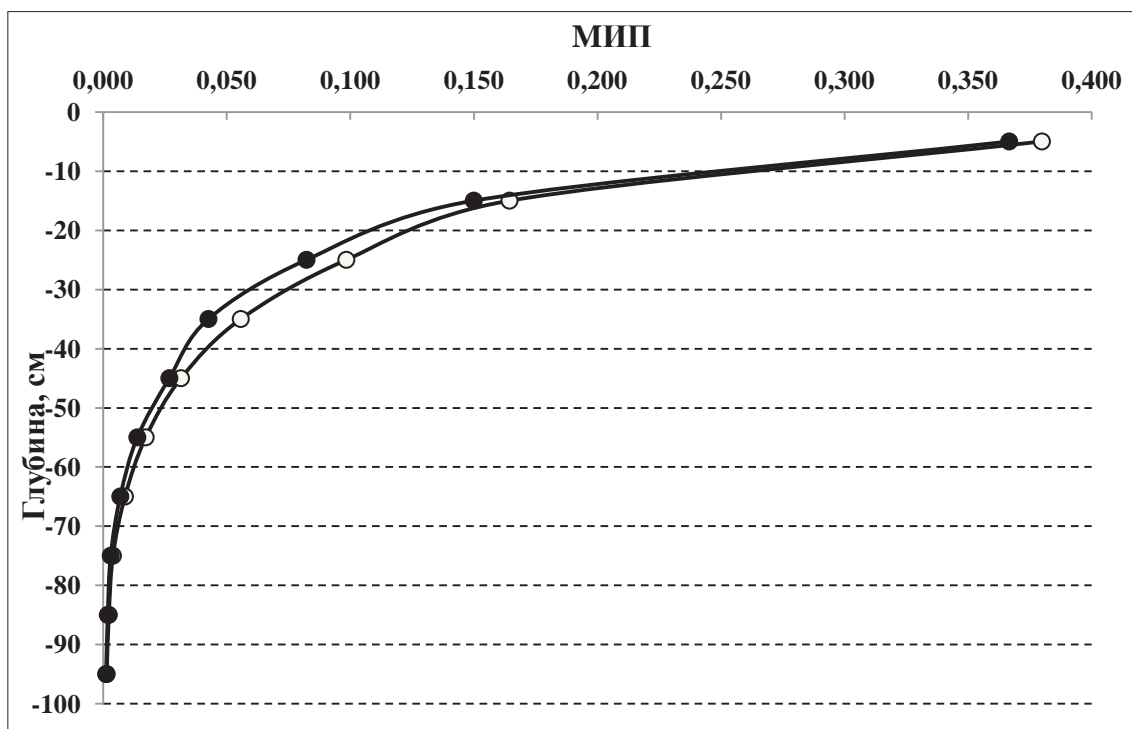


Рис. 1. Распределение МИП в метровом слое черноземных почв

(А – чернозем обыкновенный; Б – чернозем южный;

● – незеродированные почвы, ○ – эродированные почвы)

эрозионной ситуации на изучаемых склонах за период максимального временного горизонта планирования в 100 лет не будет смыто больше 250 мм слоя почвы. А поэтому показатель  $V$  необходимо рассчитывать через изменения МИП максимум в верхнем слое 30 см слое. Такие расчеты показали, что этот показатель изменяется согласно данным, полученным при изучении распределения МИП по всем шести профилям, в пределах 0,0006-0,0009 (табл. 1).

Таким образом, изменение плодородия почвы за контролируемый период ( $T$ ) в миллиметрах слоя почвы будет равно

$$\Delta P = (MPI_{исх} - MPI_T) / V$$

Переходя к определению ДНЭ и пересчитывая допустимые нормы из миллиметрового слоя в тонны на гектар в год, получаем следующее уравнение:

$$G = [10 \cdot (MPI_{исх} - MPI_T) \cdot \gamma] / (V \cdot T) \quad (11)$$

где  $G$  – ДНЭ, т/га в год;  $\gamma$  – плотность сложения верхнего слоя почвы, г/см<sup>3</sup>,  $V$  – показатель скорости изменения МИП в процессе эрозии верхнего 300 миллиметрового слоя почвы, мм-1,  $T$  – временной горизонт планирования, годы (50 или 100 лет). Остальные обозначения прежние.

3. *Допустимые нормы эрозии.* Как видно из структуры модели (11) величина допустимой нормы эрозии зависит, прежде всего, от изменения модифицированного индекса произво-

дительности почвы и показателя скорости его изменения в процессе эрозии верхнего почвенного слоя. Разные значения  $V$ , в свою очередь, зависят от распределения МИП по профилю почвы. Графический анализ распределения МИП в метровом слое эродированных и неэродированных обыкновенных и южных черноземов представлен на рисунке 1.

Анализ показывает, что неэродированные черноземы обыкновенные (НЭЧО) имеют относительно большее значение МИП по сравнению с эродированными (ЭЧО) практически в каждом слое. Это связано с тем, что в неэродированных почвах содержится больше гумуса, подвижных форм фосфора и калия, при том, что остальные параметры плодородия, взятые в расчет (плотность сложения и рН), практически не изменяются (табл. 2).

Такая ситуация сильно влияет на общее значение показателя МИП. Его величина на неэродированных почвах составляет 0,7554, тогда как эродированных лишь 0,6885. Падение МИП в верхнем 30-м слое проходит и для неэродированных почв и эродированных синхронно, а потому значение параметра  $V$  для этих почв одинаково и равно 0,0009.

Данные второй пары разрезов черноземов обыкновенных (НЭЧО-2 и ЭЧО-2) дает несколько другие результаты. Величина МИП на неэродированных почвах (0,7857) здесь также больше, чем на эродированных (0,6509) по той же причине – более высокое

Таблица 2

**Распределение свойств почв по профилю черноземных обыкновенных  
(стандартизовано от 1 до 0)**

Слой, см	Содержание гумуса		Содержание подвижного фосфора		Содержание подвижного калия		Плотность почвы		рН	
	(ЧО <sub>нз</sub> )	(ЧО <sub>э</sub> )	(ЧО <sub>нз</sub> )	(ЧО <sub>э</sub> )	(ЧО <sub>нз</sub> )	(ЧО <sub>э</sub> )	(ЧО <sub>нз</sub> )	(ЧО <sub>э</sub> )	(ЧО <sub>нз</sub> )	(ЧО <sub>э</sub> )
0-10	1,000	1,000	1,000	0,838	1,000	1,000	0,937	0,937	0,942	0,942
10-20	1,000	1,000	0,280	0,216	0,872	0,610	0,693	0,843	0,964	0,928
20-30	1,000	1,000	0,209	0,152	0,883	0,539	0,857	0,902	0,964	0,842
30-40	1,000	1,000	0,147	0,081	0,915	0,462	0,857	0,911	0,928	0,821
40-50	1,000	1,000	0,166	0,134	0,819	0,384	0,693	0,812	0,799	0,799
50-60	0,903	0,880	0,137	0,117	0,736	0,323	0,592	0,592	0,821	0,750
60-70	0,851	0,471	0,094	0,118	0,750	0,300	0,441	0,441	0,695	0,750
70-80	0,697	0,429	0,125	0,109	0,659	0,328	0,100	0,100	0,666	0,695
80-90	0,589	0,406	0,104	0,099	0,691	0,362	0,100	0,100	0,666	0,695
90-100	0,571	0,331	0,123	0,143	0,619	0,384	0,100	0,100	0,666	0,666



содержание гумуса и подвижных питательных веществ в неэродированных почвах. Однако показатель скорости изменения МИП в процессе эрозии верхнего 300 миллиметрового слоя существенно отличаются – в первом случае  $V$  равняется 0,0009, а, во втором – лишь 0,0007.

Формирование значения модифицированного индекса продуктивности в южных черноземах кардинально отличается от этого показателя в обыкновенных черноземах. МИП неэродированных почв в верхнем 30-см слое на много больше значений МИП эродированных почв. Это связано с тем, что в эродированных

южных черноземах очень сильно уменьшается содержание гумуса и питательных веществ (особенно подвижного фосфора), а также эродированная почва имеет значительные величины плотности сложения (табл. 3).

А поэтому, учитывая вклад верхних слоев почвы в общее значение МИП, модифицированный индекс продуктивности на неэродированных почвах составил 0,7753, а на эродированных лишь 0,4143. Изменение МИП в верхнем 30-см слое происходит и для эродированных почв происходит не столь быстро – приблизительно лишь на 0,20 единицы (неэродированных почвах на 0,23), что и привело к

Таблица 3

**Распределение свойств почв по профилю черноземов южных  
(стандартизовано от 1 до 0)**

Слой, см	Содержание гумуса		Содержание подвижного фосфора		Содержание подвижного калия		Плотность почвы		рН	
	(ЧЮ <sub>нз</sub> )	(ЧЮ <sub>э</sub> )	(ЧЮ <sub>нз</sub> )	(ЧЮ <sub>э</sub> )	(ЧЮ <sub>нз</sub> )	(ЧЮ <sub>э</sub> )	(ЧЮ <sub>нз</sub> )	(ЧЮ <sub>э</sub> )	(ЧЮ <sub>нз</sub> )	(ЧЮ <sub>э</sub> )
0-10	1,000	0,829	1,000	0,347	1,000	1,000	0,619	0,337	0,993	1,000
10-20	1,000	0,643	1,000	0,287	1,000	1,000	0,535	0,100	0,993	0,996
20-30	1,000	0,600	1,000	0,103	0,926	0,553	0,504	0,100	0,988	0,964
30-40	0,866	0,511	0,057	0,077	0,654	0,516	0,373	0,100	0,981	0,973
40-50	0,606	0,446	0,220	0,080	0,565	0,540	0,301	0,100	0,981	0,942
50-60	0,586	0,434	0,267	0,083	0,521	0,265	0,224	0,100	0,964	0,953
60-70	0,586	0,226	0,287	0,097	0,480	0,258	0,143	0,100	0,973	0,973
70-80	0,457	0,091	0,310	0,190	0,487	0,241	0,143	0,100	0,964	0,953
80-90	0,400	0,091	0,377	0,303	0,441	0,485	0,100	0,100	0,973	0,953
90-100	0,329	0,051	0,420	0,357	0,465	0,474	0,100	0,100	0,964	0,942

Таблица 4

**Допустимые нормы эрозии в зависимости от заданного уровня снижения  
продуктивности почв (т/га в год) (в числителе горизонт планирования – 50 лет,  
в знаменателе – 100 лет)**

№ з/п	Название почв	1%	2%	3%	4%	5%
1.	Черноземы обыкновенные неэродированные (НЭЧО)	2,1/1,1	4,2/2,1	6,3/3,2	8,4/4,2	10,5/5,3
2.	Черноземы обыкновенные эродированные (ЭЧО)	2,0/1,0	4,0/2,0	6,0/3,0	8,0/4,0	9,9/5,0
3.	Черноземы южные неэродированные (НЭЧЮ)	2,7/1,3	5,3/2,7	8,0/4,0	10,7/5,3	13,3/6,7
4.	Черноземы южные эродированные (ЭЧО)	1,9/0,9	3,8/1,9	5,7/2,8	7,5/3,8	9,4/4,7
5.	Черноземы обыкновенные неэродированные (НЭЧО -2)	2,3/1,1	4,5/2,3	6,8/3,4	9,1/4,5	11,3/5,7
6.	Черноземы обыкновенные эродированные (ЭЧО-2)	2,5/1,2	4,9/2,5	7,4/3,7	9,8/4,9	12,3/6,1

относительно низким значениям показателя  $V$ , который на эродированных почвах составляет 0,0006, тогда как на неэродированных аналогах – 0,0008.

Изложенные выше особенности формирования значений модифицированного индекса продуктивности и показателя скорости изменения МИП в процессе эрозии верхнего 300 миллиметрового слоя почвы ( $V$ ) отражаются на значениях ДНЭ. Расчеты по формуле (11) были сделаны на пять уровней снижения продуктивности (1%, 2%, 3%, 4%, 5%) и на два временных горизонта планирования – 50 и 100 лет (табл. 4).

Как видно ДНЭ, в первую очередь, зависит от величины модифицированного индекса продуктивности. Чем он больше, тем больше ДНЭ. Поэтому на неэродированных черноземах ДНЭ, как правило, при всех уровнях снижения продуктивности принимает максимальные значения, а на эродированных – минимальные. Однако если наблюдается существенное различие в величинах  $V$  и несущественное в величинах МИП, как в случае с разрезами НЭЧО-2 и ЭЧО-2, то тогда ДНЭ на эродированных почвах может быть больше, чем на неэродированных.

Следует в заключении отметить, что рассчитанные значения ДНЭ для черноземных почв правобережной Степи Украины (табл. 4) приблизительно одного порядка со значениями ДНЭ, полученным для подобных почв Северо-Восточного Китая [16] и США [23; 24].

Полученные значения ДНЭ для условий правобережной Степи Украины пригодны для использования в противоэрозионном проектировании и оптимизации землепользования в этом регионе.

**Выводы.** Наиболее точно оценивается плодородие черноземов правобережной Степи Украины с помощью модифицированного индекса продуктивности (МИП), который определяется как сумма значений продуктивности каждого 10 см слоя метровой толщи почвы. Величина продуктивности каждого слоя определяется, как среднее геометрическое нормированных от 0 до 1 следующих параметров плодородия – содержание гумуса, подвижных форм фосфора и калия, плотности сложения и рН. В процедуру осреднения не

попадает показатель  $WF$ , который показывает долю корней сельскохозяйственных растений в каждом слое.

1. Конечная математическая модель определения ДНЭ зависит от предварительно заданного изменения за определенное время показателя МИП, плотности сложения верхнего слоя почвы, показателя скорости изменения показателя МИП в процессе эрозии верхнего слоя почвы.

2. Полученные для черноземов правобережной Степи Украины значения ДНЭ, в первую очередь, определяются величиной модифицированного индекса продуктивности и параметра, который определяет скорость изменения МИП в верхнем слое почвы. На неэродированных черноземах ДНЭ, как правило, принимает максимальные значения, а на эродированных – минимальные. Однако при небольшом различии между эродированными и неэродированными почвами величины МИП на размер ДНЭ будет влиять уже показатель скорости изменения МИП в процессе эрозии ( $V$ ).

#### СПИСОК

##### ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Медведев В.В., Лактионова Т.Н., Донцова Л.В. Водные свойства Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. – Харьков: Апостроф, 2011. – 224 с.
2. Медведев В.В., Линдина Т.Е., Лактионова Т.Н. Плотность сложения почв (генетические, экологические и агрономические аспекты). Харьков, 2004. - Изд. «13 типография». – 244 с.
3. Медведев В.В., Плиско И.В. Бонитировка и качественная оценка пахотных земель Украины. Харьков. Изд-во «13 типография», 2006. – 386 с.
4. Носко Б.С. Антропогенна еволюція чорноземів. Харків: Вид. «13 типографія», 2006. – 239 с.
5. Носко Б.С. Фосфатний режим ґрунтів і ефективність добрив. К.: Урожай, 1990. – 223 с.
6. Светличный А.А., Швец Г.И., Черный С.Г. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты. – Суми: Університетська книга, 2004. – 415 с.
7. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозознавства. Підручник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 266 с.
8. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. – Москва: Колос, 1964. – 280 с.
9. Чорний С.Г. Оцінка допустимої норми ерозії для ґрунтів Степу України // Український географічний журнал, 1999. – № 4. – С. 34-39.
10. Якість ґрунту. Ерозія ґрунту. Допустимі норми. ДСТУ 7081:2009.





11. Якість ґрунту. Ерозія ґрунту. Терміни та визначення основних понять. ДСТУ 7118:2009.
12. Alexander E.B. Rates of soil formation: implications for soil-loss tolerance. *Soil Sci.*, 1988. – № 145 (1). – Pp 37-45.
13. Burly J.B., Thomsen C.H., Kenkel N. Productivity Equation for Reclaiming Surface Mines. *Environmental Management*, 1989. – № 13(1). – Pp. 631-638.
14. Doll E.C., Wollenhaupt N.C. Use of soil parameters in the evaluation of reclamation success in North Dakota. Bridging the gap between science, regulation, and the surface mining operation. ASSMR Second Annual Meeting. Denver, 1985. – Pp. 91-94.
15. Duan X., Xie Y., Fen Y.J. Study on the method of soil productivity assessment in northeast black soil regions of China. *Scientia Agriculturae Sinica*. 2009. – № 42(5). – Pp. 1656-1664.
16. Duan X., Xie Y., Liu B., Liu G., Feng Y., Gao X. Soil loss tolerance in the black soil region of Northeast China. *J. Geogr. Sci.*, 2012. – № 22(4). – Pp. 737-751.
17. Duan X., Xie Y., Ou T., Lu H. Effects of soil erosion on long-term soil productivity in the black soil region of northeastern China. *Catena*, 2011. – № 87. – Pp. 268-275.
18. Gantzer C.J., McCarty T.R. Predicting corn yield on a Claypan soil using a productivity index. *Trans. ASAE*, 1987. – № 30. – Pp. 1347-1352.
19. Larson W.E., Stewart B.A. Thresholds for soil removal for maintaining cropland productivity. *Proceedings of the Soil. Quality Standards Symposium*, 1990. – Pp 6-14.
20. Morgan R.P.C. *Soil Erosion and Conservation*. Blackwell Publishing. 2005. – 304 pp.
21. Mulengeraa M.K., Payton R.W. Modification of the productivity index model. *Soil and Tillage Research*, 1999. – № 52. – Pp. 11-19.
22. Neill L.L. An evaluation of soil production based on root growth and water depletion. M.S. thesis. Univ. of Missouri, Columbia. 1979.
23. Pierce F.J., Larson W.E., Dowdy R.H. Soil loss tolerance: Maintenance of long-term soil productivity // *Journal of Soil and Water Conservation*, 1984. – № 39 (2). – Pp. 136-138.
24. Pierce F.J., Larson W.E., Dowdy R.H., Graham W.A.P. Productivity of soils: assessing long-term changes due to erosion // *Journal of Soil and Water Conservation*, 1983. – № 38. – Pp. 39-44.
25. Soil Science Society of America (SSSA). Glossary of Soil Science Terms. Source: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary>.
26. U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. *National Soil Survey Handbook*. Source: <http://soils.usda.gov/technical/handbook>.
27. Wischmeier W.H., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. USA: United States Department of Agriculture, *Agriculture Handbook*. 1978. – № 537. – Washington, D.C.