

области Кубани // Материалы XVII пленарного межвузовского координационного совещания по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Краснодар, 2002.

Нежиховский Р.А. Гидрологические расчеты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат. 1976.

Сидорчук А.Ю. Влияние баланса наносов на состояние малых рек в бассейнах Волги, Дона, Днепра и Днестра//Причины деградации малых рек. Казань. Изд-во Казанского университета. 1996.

Транспортное использование водохранилищ. М.: Транспорт. 1972.

Чалов Р.С. Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ. 1979.

Чалов Р.С., Алабян А.М., Иванов В.В., Лодина Р.В., Панин А.В. Морфодинамика русел равнинных рек. М. ГЕОС. 1998.

Чалов Р.С., Лю Шугуан, Алексеевский Н.И. Русловые процессы и сток наносов крупнейших рек России и Китая. М. Изд-во МГУ. 2002.

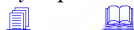
Babinski Z. Wspolczesne procesy korytowe dolney Wisly. Wroclaw-Warszawa-Krakow. Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk. 1992.

Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). К.: Ніка-Центр. 2001.

М.В. Кумани*, Ф.Н. Лисецкий**

**Курский государственный университет*

***Белгородский государственный университет*



ОБОСНОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ ЭРОЗИОННЫХ ПОТЕРЬ ПОЧВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОЦЕНОК ЭЛЕМЕНТОВ БАЛАНСА ГУМУСА И СКОРОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Допустимые эрозионные потери почвы (ДЭПП) – "soil loss tolerance (T-values)", "tolerance (tolerable) level", "T-value concept (tolerable soil loss)", "erosion tolerance" – важнейший параметр для контроля почвозащитных мер в России, Европе, Северной Америке и других регионах мира. Показатель ДЭПП должен гарантировать сохранение почвенного плодородия.

В определении ДЭПП наметились три различных подхода: экономико-агрономический, почвенно-генетический и экологический [Литвин, 2002]. Первый и второй имеют целью сохранение почвы как производственного ресурса и экологических функций почвы, а третий предусматривает, помимо прочего, снижение загрязнения окружающей среды.

По мере использования оценок скорости почвообразования и учета элементов баланса гумуса на сельскохозяйственных угодьях при обосновании

величин ДЭПП можно предложить следующую классификацию наметившихся подходов.

1. Отождествление скорости природного и/или антропогенного почвообразования и ДЭПП, либо прямая зависимость этих величин.

Долгое время оценки величины допустимого смыва почвы прямо или опосредованно сопоставляли с интенсивностью почвообразования (чаще через скорость формирования гумусовых горизонтов). Соответственно, допустимая величина смыва почвы принималась равной среднему годовому приросту гумусовых горизонтов, выраженному в долях сантиметра (или миллиметрах), в процессе естественного почвообразования:

$$V_s = \frac{H}{t} \quad (1)$$

где V_s – предельно допустимая величина эрозии почвы, мм/год; t – число лет, необходимое для образования гумусового слоя толщиной в H мм [Долгилевич, 1978].

Крайний допустимый предел дефлирования определяется [Андрейчук, 1986], как «потеря почвы с единицы площади поля при разовом проявлении дефляции в году и равная массе почвы, создаваемой почвообразовательным процессом за год на этой же площади».

Введение для почв склоновых агроландшафтов поправок на микроклиматические условия, корректирующих оценки темпов природного почвообразования [Єргіна, 2003], показало, что в условиях, когда скорость формирования гумусового горизонта в среднем составляют 0,1-2,3 т/га в год, величины допустимой эрозии не должны превышать 0,1-0,2 т/га. Такие низкие величины, по существу определяют необходимость полного прекращения денудации в пределах агроландшафтов. Но подобные требования в обозримом будущем является несостоятельным в социальном и экономическом отношении и представляет собой пример экологического «максимализма». Так, предложение М.Н. Заславского [1984] о директивном введении предельно низких допустимых величин смыва (порядка 0,05-0,3 т/га в год) справедливо оценивается не вполне обоснованным и корректным из-за безальтернативности такого подхода [Ларионов, 1993]. Принимаемая величина «нормы эрозии» не может ограничиваться только почвозащитными целями, она должна быть также экономической категорией – учитывать материальные, трудовые, финансовые возможности общества и быть осуществимой [Белоцерковский, 2001]. Кроме того, величины до 1 т/га в год практически не поддаются противоэрозионному контролю и находятся в пределах ошибки измерений. По имеющимся оценкам [Мельнийчук, Мольчак, 1997], только за счет одного незерозийного фактора – отчуждения мелкозема с урожаем пропашных культур – величины потерь плодородного слоя почвы достигают от 0,65 до 2,75 т/га в год при выращивании картофеля и сахарной свеклы, соответственно.

Предложено [Акопов, 1981] допустимый смыв устанавливать путем деления скорости почвообразования на 2, что должно обеспечить повышение почвенного плодородия. Имеются разнообразные, порой противоречивые, способы введения поправок к оценкам скорости природного почвообразования в условиях культурного почвообразования при их применении как допустимой нормы почвенных потерь в агроландшафтах.

Прямое отождествление норм эрозии со скоростью почвообразования показало свою нежизненность. Дело в том, что в агроландшафте почвы из-за эрозионной сработки имеют иные скорости почвообразования, чем в природных условиях. Они зачастую на порядок ниже «желательных» или даже возможных для отслеживания в противоэрозионном контроле.

2. Методы установления допустимых почвенных потерь, основанные на других принципах: когда скорость почвообразования непосредственно не определяет величину ДЭПП, хотя и учитывается косвенным образом. Величина ДЭПП обусловлена такими параметрами, как интенсивность смыва, мощность почвы, запасы гумуса и др. К ним относятся: 1) подход, основанный на теоретическом расчете такой величины смыва, при которой не происходит уменьшения мощности гумусового горизонта так как она скомпенсирована интенсивностью почвообразовательного процесса [Иванов, Лопырев, 1979]; 2) расчетно-полевой метод [Пацукевич и др., 1997], основанный на определении местоположения зоны эрозионного «равновесия» с помощью почвенно-геоморфологического профилирования, почвенно-эрозионной съемки и модельных расчетов интенсивности смыва, позволяет установить в пределах катены границу компенсируемого почвообразованием смыва при контакте несмытых и смытых почвенных разностей.

Для Великобритании предложена формула максимально «приемлемых» значений снижения мощности почвы – T , т/га в год [Киркби, 1984]:

$$T = D \left(\frac{P_s}{1 - P_s} \right) \quad (2)$$

где D – интенсивность эрозионных потерь почвы, т/га в год; P_s – мощность почвы, сформированная процессами выветривания и почвообразования, м.

В соответствии с предлагаемой шкалой для почв ФРГ [Schwertmann, 1981], увеличение мощности почвенного профиля на каждые 10 см (в диапазоне от 30 до 100 см) определяет прирост величины ДЭПП на 1,5 т/га в год.

В США на практике T -фактор устанавливается выбором из пяти уровней в зависимости от мощности почвы и почвенной текстуры. Таким способом осуществляется группировка почв на три группы, в которых выделяют классы по их возобновимости и невозобновимости (табл. 1):

группа 1 – ограничения существенны или имеются слои постоянно ограничивающие рост корней;

группа 2 – ограничения для корней умеренные или они меньше, чем постоянные потери в продуктивности для данного климата.);

группа 3- ограничения могут быть преодолены в данном климате через природные или управляемые процессы, чтобы достичь уровня продуктивности незэродированных почв.

Таблица 1. Значения *T*-фактора, пересчитанные в метрическую систему [National Soil Survey Handbook, 2002]

Мощность ограничивающего слоя, см	Ежегодные допустимые потери почвы, /га		
	Группа 1	Группа 2	Группа 3
0-25	2,2	2,2*	6,7
25-51	2,2	4,5	6,7
51-102	4,5	6,7	9,0
102-152	6,7	9,0	9,0
> 152	11,2	11,2	11,2

* Некоторым почвам назначены допустимые потери почвы 4,5 т/га.

Анализ табл. 1 позволяет отметить ряд важных особенностей подхода, практикуемого в США. Во-первых, для любой, самой маломощной почвы, с непреодолимыми ограничениями мощности корнеобитаемого слоя, *T*-фактор назначен не ниже 2,2 т/га. Во-вторых, для любой почвы на рыхлой почвообразующей породе и мощностью более 1,5 м допускаются ежегодные эрозионные потери в 11,2 т/га. При экспертном отнесении почвы к одной из трех групп учитывается: способность почвы быть субстратом для посева растений, податливость к воздухо- и влаго- проницаемости, общий почвенный объем как резервуар для воды и питательных веществ. Естественно, что при таком утилитарном подходе к почве, нет необходимости в учете влияния почвообразовательных процессов на функционирование почвенной системы в агроландшафте.

Другой подход связан с сопряжением допустимого уровня с уровнем «природной (нормальной) эрозии». Позже было определено, что допустимым уровнем, который позволяет сохранять почвенный слой доступным для корней выращиваемых культур, обеспечивая сохранение потенциальной продуктивности почвы [Prielinghaus, 1996].

Достаточно активно проблематику обоснования ДЭПП разрабатывали ученые ВНИИЗиЗПЭ (г. Курск). В основу определения допустимых потерь почвы положены данные об имеющемся ресурсе почвы, точности его определения и особенностях проявления эрозионных процессов [Методика разработки..., 1996]. Предложена формула расчета среднесуточных допустимых потерь почвы ($I_{доп}$, мм/год):

$$I_{доп} = \varepsilon \cdot H / (100 \cdot T), \quad (3)$$

где H – мощность гумусового горизонта, мм; ε – точность ее измерения, % (принимается коэффициент вариации); T – период времени, лет. С учетом принятых допущений расчетные значения ДЭПП для черноземов и серых

лесных почв разной степени эродированности получены авторами методики по следующей формуле

$$I_{dop} = 0,95 \cdot H / 1000. \quad (4)$$

Практически, это – подход, аналогичный одному из наиболее ранних и широко известных предложений Н.К. Шикеры, А.Г. Рожкова, П.С. Трегубова принять для расчета допустимого смыва длительность восстановления горизонта А в 1000 лет. Известны и другие подобные предложения. Используемая в Бразилии [Friere, Vasques, 1978; Friere, Marcos, 1981] методика Ломбарди Нету и Бертони [1975] основана на расчете ДЭПП путем деления мощности корнеобитаемого слоя (но не более 100 см) на 1000 лет. Полученный результат корректируется поправкой, отражающей водопроницаемость почвы. В ЮАР департаментом сельскохозяйственных технических служб установлены ДЭПП как 0,2% от мощности почвы [Бульгин, Неаринг, 1999].

Г.И. Бахирев [1997] считает, что очевидный критерий нормы эрозии – смыв за многолетний период проявления ускоренной эрозии на пашне в размере не более 5% от эталона мощности. Введение такого критерия, как считает автор, позволяет дифференцировать величины допустимого смыва в зависимости от генетических обусловленных различий мощности почв: для типов и подтипов почв ЦЧО с более мощным гумусовым профилем (черноземов выщелоченных и типичных) определены величины ДЭПП в 2,2 т/га в год, для наименее мощных (дерново-подзолистые и светло-серые лесные почвы) – 0,5 т/га. Однако относительно одинаковое снижение мощности гумусового горизонта для различных генетических типов (подтипов) почв будет иметь разное влияние на общую величину изменения их бонитета из-за разнокачественности самих гумусовых профилей.

Несколько иная модификация расчетной формулы (3) была опубликована позже [Сухановский, 2000; Методическое пособие..., 2001]:

$$I_{cp.dop.}(T) = \sigma / [TK_p(T)], \quad (5)$$

где σ – абсолютная погрешность измерений (мм), которая равна $\varepsilon H / 100$; $K_p(T)$ – функция надежности, характеризующая варьирование среднесуточного смыва; в расчетах для вероятности 95 % принимается равной 1,4. В итоге, для условий ЦЧО были рассчитаны несколько меньшие значения ДЭПП, чем опубликованные в 1996 г. И это вполне объяснимо, так как на практике формула (4) приобрела такой вид

$$I_{dop} = 0,67 \cdot H / 1000. \quad (6)$$

Ряд условных логических допущений, положенных в основу рассматриваемого подхода, создают в итоге «критическую массу» противоречий между целью нормирования допустимых эрозионных потерь почв и

теми изменениями почвенного профиля, которые можно предположить в случае использования на практике формул (3) и (5). Показательно, что А.В. Бондарь [2003] рекомендует для обыкновенных черноземов Кубани рассчитанные им по формуле (5) следующие оценки допустимого смыва почвы: для несмытых почв (?) - 11,0 т/га в год, для трех последующих степеней эродированности (слабой, средней и сильной) – 9,9, 7,2 и 4,6 т/га в год, соответственно.

Еще одна расчетная методика допустимого смыва почвы [Герасименко, 1999] связывает его величину с запасами гумуса и его качеством (через отношение $C_{эк}/C_{фк}$) в смытой почве и на залежном аналоге. Автором предложена следующая формула расчета допустимого смыва почвы (M_D , т/га в год):

$$M_D = \rho_S \cdot L_{OPT} + \sin \gamma \left((M_3 + 5,9i) / N \right) (G_c \cdot Z_c \cdot \alpha_c / G \cdot Z \cdot a) \cdot C_T / C_\Phi \quad (7)$$

где Z_c и Z – мощность гумусового горизонта в смытой почве и на залежном аналоге в см; G_c и G – среднее содержание гумуса в смытой почве и на залежи, ρ – коэффициент; S – показатель, характеризующий тип почвы и ее гранулометрический состав; L_{OPT} и $\sin \gamma$ – оптимальная (преобладающая) длина и крутизна склонов для конкретной почвы; M_3 – среднесуточный смыв почвы с зяби в т/га; $5,9i$ – параметр, характеризующий интенсивность эрозии на чистом пару при 30-минутной интенсивности ливней 50%-ной обеспеченности; $N=11$ лет – продолжительность цикла солнечной активности; a_c и a – плотность сложения смытой почвы и залежного аналога в т/см³ соответственно; C_2/C_Φ – соотношение гуминовых и фульвокислот в горизонте А (A_1) на пашне.

Структурой формулы автор стремился придать относительный характер величине допустимого смыва и возможности его корректировки в зависимости от уровня почвенного плодородия: при увеличении смытости почвы и снижении качества гумуса, расчетная величина допустимого смыва будет меньше, а при окультуривании почвы – соответственно больше.

Анализ предложенного подхода показывает, что почвенно-генетический блок формулы, по сути дела содержит в себе отношение запасов гумуса в смытой почве и на залежном аналоге, которое корректируется коэффициентами от 0,5 до 2 в зависимости от качества гумуса. К недостаткам формулы (7) можно отнести следующее: при мозаике конкретных почвенных условий в агроландшафте возникает неопределенность в самом понятии «залежь-аналог»; характеристика почв дается через константные показатели количества и качества ресурса, тогда как характеристики временного порядка связаны только с разрушением почв (среднесуточным смывом) при игнорировании почвообразовательного процесса.

Для староосвоенных регионов, имеющих почвенно-эрозионные съемки, допустимый смыв рекомендуется определять, сравнивая площади эродированных почв с данными территориального распределения интен-

сивности смыва в 1, 2 и т.д. т/га в год [Белоцерковский и др., 1983]. При реализации такого метода признается [Ларионов, 1993], что достоверность определения допустимого смыва почвы во многом зависит от качества выполненной съемки почвенного покрова. Известно, что ранее в работах подобного рода широко применяли интерполяционные процедуры по косвенным критериям, а ныне крупномасштабные съемки практически свернуты. Значительные погрешности пока дают и расчетные методы величины эрозионных потерь почвы. Что касается учета самого процесса почвообразования, то, как объясняет Г.А. Ларионов [1993] этому препятствует сложность явления и недостаточная его изученность.

3. Подходы, при которых оценки скорости почвообразования включены в расчетные методики определения ДЭПП.

Методологию рассмотренного подхода в определенной мере реализовал в США Е.Л. Скидмор [Skidmore, 1982]. Он предложил расчет допустимых потерь почвы в точке (x, y) на любой момент времени $t - T(x, y, t)$ мм/год проводить по уравнению

$$T(x, y, t) = \frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{T_2 - T_1}{2} \cos \left[\frac{\pi(Z - Z_1)}{Z_2 - Z_1} \right], \quad (8)$$

где T_1 – скорость почвообразования, мм/год; T_2 – верхний предел эрозионных потерь почвы, мм/год; Z – мощность почвы (м), в том числе Z_1 – минимально допустимая; Z_2 – оптимальная (плановая); Z – фактическая; число $\pi = 3,14$ при расчете в радианах или 180° при расчете в градусной мере.

Этот алгоритм был предложен для применения в практике проектирования систем земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории (почвозащитно-устроенного агроландшафта) Левобережной Украины [Прогноз эрозии почв..., 1988]. Автор методических указаний, признавая необходимость оценки изменения скорости почвообразования по мере уменьшения мощности почвы, тем не менее, считает, что «задачу необходимо упростить и ограничиться лишь некоторыми средними константами скоростей почвообразования основных типов и подтипов почв» (с. 32). Как итог, в примере расчета ДЭПП он, следуя М.Е. Бельгибаеву и М.И. Долгилевичу, [1970] принимает скорость почвообразовательного процесса для черноземов, равную 0,28 мм/год.

На Украине предложена модификация модели Е.Л. Скидмора [Гродзинский, Шищенко, 1993]:

$$Q_{dop} = \left\{ \frac{Q_h}{\Delta t} \left[1 + \sin \left(0,5\pi \frac{2h - h_1 - h_2}{h_2 - h_1} \right) \right] - \frac{Q_m}{\Delta t} \right\} \cdot \frac{10}{gpk}, \quad (9)$$

Q_{dop} – предельно допустимый смыв почвы, мм/год; Q_h – масса гумуса, которая образуется за ротацию севооборота, т/га; Δt – длительность севооборо-

та, годы; h , h_1 , h_2 – соответственно фактическая, предельно допустимая, оптимальная мощности гумусовых горизонтов почвы; Q_m – масса гумуса, которая минерализуется за ротацию севооборота, т/га; p – плотность сложения верхнего (0-10 см) слоя почвы, т/м; g – содержание гумуса в пахотном горизонте, %; k – коэффициент увеличения содержания гумуса в твердом стоке по сравнению с его содержанием в почве.

По предложению одного из авторов эта модель и ее модификация [Гродзинский, Шищенко, 199] были использованы для организации почвозащитного земледелия Краснодарского края [Штомпель, 1995] применительно к бурным лесным слабонасыщенным почвам предгорной зоны [Стрельникова, 1998]; затем эти работы были расширены на серые лесостепные почвы [Карпушин, 1999] и черноземы обыкновенные [Штомпель, Бондарь, 2002].

При современной системе землепользования снижение фактических эрозионных потерь почвы в агроландшафте до уровня допустимых пределов не удалось сделать на национальном уровне ни одной стране мира. Среднесрочной программой привлечения финансовых ресурсов для противоэрозионного обустройства агроландшафтов могут быть установлены промежуточные уровни достижения допустимых эрозионных потерь почвы.

Для такого сценария землепользования необходимо сформулировать задачу стабильного поддержания качества почвенного ресурса, для чего управляющие воздействия по регулированию почвообразования должны быть синхронизированы с динамикой декретируемых (в соответствии с экономическими возможностями) или расчетных [Швебс, Лисецкий, 1985] допустимых эрозионных потерь почвы. Этому условию соответствует вариант аппроксимации модели Г.И. Швебса [1981] следующего аналитического вида

$$10\Delta H_{Г(доп)} \cdot \gamma \cdot G_{0-10}(1+0,01H_G) - H_G(\Delta G_{ПР} \cdot \Delta G_P \cdot \Delta G_{МН}) - G \cdot \Delta H_{Г(П)} \approx 0, \quad (10)$$

где H_G – мощность гумусового горизонта, мм; G – запасы гумуса в нем, т/га; ΔH_G – изменение мощности H_G в результате почвообразования – $\Delta H_{Г(П)}$ и эрозии – $\Delta H_{Г(доп)}$, мм/год; $\Delta G_{ПР}$ – приходная составляющая процесса гумусообразования за счет растительных остатков и удобрений, т/га; ΔG_P – минерализация гумуса, определяемая структурой севооборота и уровнями урожая, т/га; $\Delta G_{МН}$ – минерализация (обновление) пассивного гумуса, т/га; G_{0-10} – содержание гумуса в смываемом слое почвы, %; γ – плотность сложения почвы в пределах гумусового горизонта, т/м³.

Особую группу методик, использующих оценки скорости почвообразования, формируют комплексные показатели, которые включают помимо скоростей почвоформирующих и почворазрушающих процессов также оценку запасов почвенных ресурсов. В этом их отличие от прямого сопоставления интенсивности смыва (или сдувания) почвы со скоростью почвообразовательного процесса. Суждение о том, что «если интенсивность эрозии

меньше скорости почвообразования, то можно предположить, что она не представляет опасности для данной почвы» [Кузнецов, Глазунов, 1996] небесспорно по причине необходимости учета мощности «данной почвы».

Наиболее простой подход связан с концепцией «срока службы или продолжительности жизни» почвы. Так, в работе [G. Sparovek, M.M. Weill et. al. 1997] она реализована для территории Бразилии и включала в себя расчет эрозионных потерь почвы (по универсальному уравнению эрозии США) и полевое определение территориального распределения мощности почвы. Установив константы (минимальную мощность почвы в 1,0 м и скорость почвообразования в 0.2 мм/год), рассчитывали срок службы почвы, применяя геоинформационную систему. В более раннем обосновании указанной концепции [Elwell, Stocking, 1984] предложен способ расчета показателя «срока службы (долговечности) почвы» (L_F , годы) по следующей формуле:

$$L_F = \frac{(D_E - D_O)M}{Z - Z_F}, \quad (11)$$

где D_F – доступная продуктивная мощность почвы, м; D_O – минимальная мощность почвы (или эффективный минимум корнеобитаемого слоя) для отдельных культур, м; M – объем массы почвы, т/га на метр глубины почвы, т.е. плотность сложения в $\text{г/см}^3 \times 1000$; Z – расчетная скорость почвенных потерь, т/га в год; Z_F – оценочная скорость почвообразования, т/га в год.

Несколько отличается по обоснованию используемых составляющих «показатель потенциальной длительности расходования почвы при постоянной среднемноголетней величине смыва» (T , годы), который имеет следующий вид [Лисецкий, 1991]:

$$T = \frac{10\gamma(H_{ИСХ} - H_{ОПТ})}{V_{\text{э}} - V_n} \quad (12)$$

где $H_{ИСХ}$ – исходная (фактическая) мощность гумусового горизонта, мм; $H_{ОПТ}$ – средневзвешенное значение оптимальной мощности гумусового горизонта, учитывающее состав сельскохозяйственных культур в севообороте, мм (определяется по опытным данным либо может быть рассчитано по зависимости, отражающей изменение урожая 15 основных сельскохозяйственных культур от мощности гумусового горизонта [Лисецкий, Белов, 1990]); γ – плотность сложения почвы, т/м^3 ; $V_{\text{э}}$ и V_n – средние многолетние или обоснованные в соразмерной обеспеченности скорости эрозии и почвообразования соответственно, т/га в год.

Отличаются от рассмотренных выше показателей тем, что комплексированы только скорости эрозионной сработки с ресурсами почв без учета скорости их воспроизводства: "относительный показатель смываемости" [Швебс, 1981] и индекс сохранности почвы в плодородном состоянии [Булыгин, 1990].

С целью отражения различий «хозяйственного эффекта» одной и той же величины смыва для почв с разной мощностью гумусового горизонта Г.И. Швевс предложил использовать показатель относительный смываемости (T_C , годы):

$$T_C = 100 \frac{H_{\Gamma} \gamma}{W_{\text{Э}}}, \quad (13)$$

H_{Γ} – мощность гумусового горизонта, см; $W_{\text{Э}}$ – смыв почвы, т/га; γ – объемная масса верхнего (0-10 см) слоя смываемой почвы, т/м³. Автор отмечает, что показатель T_C означает количество лет, необходимое для полного смыва гумусового горизонта почвы, при «отсутствии почвообразовательного процесса» [Швевс, 1981, с. 115].

Индекс сохранности почв (ИСП) предложен С.Ю. Булыгиным [1992]:

$$\text{ИСП} = \frac{H \cdot 1,1 \cdot 100}{g\chi T} \quad (14)$$

где H – мощность гумусового горизонта, см; 1,1 и 100 – коэффициенты перевода сантиметров в т/га; $g\chi T$ – вероятный смыв почвы 10%-ной обеспеченности, т/га в год. (Отметим, что коэффициент 1,1 это установленная автором постоянная величина объемной массы). Индекс отражает время утраты верхнего наиболее плодородного горизонта почв. По величине ИСП проведена классификация эрозионной опасности: при 3-й степени ИСП > 300, опасность почвенной эрозии практически отсутствует, при ИСП < 50 (5-ая степень опасности) – эрозионная опасность очень высокая. В структуре индекса сохранности почв не учтена воспроизводящая роль почвообразования.

Определенными проблемами с вовлечением оценок скорости природного почвообразования в расчеты ДЭПП и установлением их соответствия с культурным почвообразованием в агроландшафтах можно объяснить предложение вообще отказаться от интерпретаций скорости почвообразования, сосредоточившись на описании особенностей антропогенного почвообразования. Избегая сложностей при определении скорости природного почвообразования В.П. Герасименко, М.В. Кумани [2000] использовал баланс гумуса в конкретных условиях конкретного поля. По результатам моделирования эрозионных и почвообразовательных процессов показано, что, например, на приводораздельном участке поля на типичном черноземе в зернопаропропашном севообороте при нулевом смыве формируется отрицательный баланс гумуса за счет его минерализации и выноса с урожаем сельскохозяйственных культур. Потери не компенсируются гумификацией пожнивных и корневых остатков растений. В результате происходит разрушение почвенного покрова, деградация чернозема при нулевом смыве. То есть, в этих условиях нельзя считать допустимым даже нулевой смыв.

В то же время, если использовать почвозащитные технологии, вносить достаточно высокие дозы органических удобрений (навоза, торфа, нетоварной массы сельскохозяйственных растений), даже при смыве почвы в

несколько тонн с гектара возможно достижения нулевого или даже положительного баланса гумуса. В этом случае потери почвы со смывом компенсированы системой почвозащитных мероприятий.

Исходя из сказанного, вместо «допустимого смыва» рекомендуется [Кумани, 2001] использовать понятие «компенсируемого смыва», под которым понимается величина смыва, соответствующая условиям простого и расширенного воспроизводства гумуса, но не в абстрактных условиях «почвообразовательного процесса», а в конкретной системе севооборотов, вносимых на поле доз органических удобрений, применяемых агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических почвозащитных мероприятий. Рассчитывается компенсированный смыв с учетом всех приходных и расходных статей баланса гумуса или, что фактически то же самое, в пересчете на приходные и расходные статьи почвообразовательного процесса: смыва почвы, потерь ее за счет минерализации гумуса («выпахивания»), восстановления за счет культурного почвообразования и других.

Формирование истинных представлений о скорости почвообразования (прежде всего, о скорости формирования гумусового горизонта и скорости гумусонакопления) и временных закономерностях этих процессов имеет определяющее значение для решения задачи нормирования и контроля почвозащитных и почвовосстанавливающих мероприятий. дачи нормирования эрозионных потерь почвы в агроландшафтах интенсивного использования, на наш взгляд, наиболее перспективен подход, включающий в себя решение двух задач.

Во-первых, вместо практикуемого применения осредненных оценок скорости почвообразования следует разрабатывать зонально-региональные модели, отражающие зависимость потенциальной скорости формирования конкретных типов (подтипов) почв в конкретных природных и хозяйственных условиях (при достаточном количестве поступающего растительного вещества) от ее онтогенетической зрелости. При этом следует заметить, что по мере эрозионной сработки гумусового профиля потенциальные скорости его формирования будут увеличиваться [Лисецкий, 1987]. Без учета этой закономерности, во всех имеющихся предложениях по дифференциации допустимых потерь почв по категориям их эродированности отражена общая идея более низких уровней назначаемых ДЭПП для почв с меньшей остаточной мощностью гумусового горизонта.

Во-вторых, степень реализуемости потенциальной скорости почвообразования в конкретных агроландшафтных условиях технологического контура целесообразно корректировать с помощью модели, отражающей интенсивность антропогенного почвообразования. При этом должен учитываться как бонитет почвы и его изменения в результате проявления эрозионных процессов, так и режим воспроизводства органического вещества в конкретных производственных условиях с учетом севооборота, почвозащитных агро-, лесо-, лугомелиоративных и гидротехнических приемов и

их комплексов, в зависимости от доз внесения органических и минеральных удобрений, урожайности и погодно-климатических условий.

ЛИТЕРАТУРА

Акопов Е.С. О допустимом пределе смыва почвы при поливах // Орошение в горных условиях. М.: Колос, 1981.

Андрейчук А.Л. Вероятностные методы диагностики и классификации потенциально опасных и дефлированных почв // Методы изучения дефляции и охрана почв. Алма-Ата: Кайнар, 1986.

Белоцерковский М.Ю. О почвозащитном, экономическом и экологическом аспектах допустимого смыва // XVI пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. СПб, 2001.

Белоцерковский М.Ю., Додуковская О.Г., Кирюхина З.П., Ларионов Г.А., Миргородская Н.Н. Количественная оценка эрозионноопасных земель бассейна Дона // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ. Вып. 9. 1970.

Бельгибаев М.Е., Долгилевич М.И. О предельно допустимой величине эрозии почв // Труды ВНИАЛМИ. Том 1. (61). 1970.

Бондарь А.В. Свойства и морфологические признаки черноземов обыкновенных Северо-западного Предкавказья и значение их в нормировании эрозионных потерь. Автореф. дисс... канд. сельскохозяйств. наук. Краснодар: КубГАУ, 2003.

Булыгин С.Ю. Агрофизическая характеристика почв и проектирование их противозероной защиты // Почвоведение. 1990. № 5.

Булыгин С.Ю. Теоретические и прикладные основы конструирования почвоохраняющих агроландшафтов: почвенный аспект. Автореф. дисс... док. сельскохозяйств. наук. Харьков. Изд-во ВСХА УНИМПА. 1992.

Булыгин С.Ю., Неаринг М.А. Формирование экологически сбалансированных ландшафтов: проблема эрозии. Харьков, 1999.

Герасименко В.П. Теоретические основы и практические приемы борьбы с водной эрозией почв на пашне // Доклады научно-практической конференции «Проблемы ландшафтного земледелия». Курск, 1997.

Герасименко В.П., Кумани М.В. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях. Курск.: Изд-во ВНИИЗиЗПЭ, 2000.

Гродзинский М.Д., Шищенко П.Г. Ландшафтно-экологический анализ в мелиоративном природопользовании. Киев: Либідь, 1993.

Долгилевич М.И. Пыльные бури и агролесомелиоративные мероприятия. М.: Колос, 1978.

Єрґіна О.І. Географічний аналіз ітенсивності ґрунтоутворення в агроландшафтах Криму для потреб їх протиерозійного облаштування. Автореф. дис...канд. геогр. наук. Львів: ЛЕЖ ГАУ. 2003.

Заславский М.Н. О допустимых нормах эрозии и задачах повышения плодородия почв // Актуальные вопросы эрозиоведения. М.: Колос. 1984.

Иванов В.Д., Лопырев М.И. Об установлении категории эрозивно-опасных земель по интенсивности смыва почв тальми водами // Почвоведение. 1979. №4.

Киркби М. Дж. Эрозия и окружающая среда // Эрозия почвы. М.: Колос, 1984.

Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 1996.

Кумани М.В. Учет допустимых потерь почвы при проектировании противозерозионных комплексов // XVI пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. СПб, 2001.

Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв. М.: Изд-во МГУ, 1993.

Лисецкий Ф.Н. Оценка скорости воспроизводства почвенного ресурса // Доклады ВАСХНИЛ. 1987. № 6.

Лисецкий Ф.Н. Региональный анализ проявления процессов эрозии и почвопользования (на примере Причерноморья УССР) // Вестник Моск. ун-та. Сер 5. Географич. 1991. № 4.

Лисецкий Ф.Н., Белов В.В. Принципы рационального использования почвенного ресурса в районах активного проявления эрозионных процессов // Тезисы докл. III съезда почвоведов и агрохимиков УССР. Мелиорация и охрана почв. Харьков, 1990.

Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: Академкнига, 2002.

Мельничук М.М., Мольчак Я.А. Определение роли отчуждения мелкозема с урожаем пропашных культур в проявлении эрозии // Двенадцатое межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Краткие сообщения. Пермь, 1997.

Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе. Курск: Изд-во КГСХА, 1996.

Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Курск-Тверь: ЧуДо, 2001.

Пацукевич З.В., Геннадиев А.Н., Герасимова М.И. Допустимый смыв и самовосстановление почв // Почвоведение. 1997. № 5.

Прогноз эрозии почв для целей проектирования почвозащитно устроенных агроландшафтов в лесостепи и северной степи Левобережной Украины. (Методические указания). Харьков: Изд-во УНИИПА, 1988.

Сухановский Ю.П. Методы моделирования эрозионных процессов и основы формирования противозерозионных комплексов. Автореф. дисс.... докт. сельхоз. наук. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2000.

Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев-Одесса: Вища школа, 1981.

Швебс Г.И., Лисецкий Ф.Н. Допустимая норма смыва и оптимизация использования земельных ресурсов // Эродированные почвы и повышение их плодородия. Новосибирск: Наука, 1985.

Шикула Н.К., Рожков А.Г., Трегубое П.С. К вопросу картирования территории по интенсивности эрозионных процессов // Оценка и картирование эрозионоопасных и дефляционноопасных земель. М.: Изд-во МГУ 1973.

Штомпель Ю.А., Бондарь А.В. О допустимом уровне эрозии черноземов обыкновенных в условиях интенсивного земледелия на северо-западе Кавказа // Семнадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Доклады и сообщения. Краснодар, 2002.

Штомпель Ю.А., Сухановский Ю.П., Стрельникова А.В. К вопросу нормирования процессов водной эрозии почв в условиях интенсивного земледелия предгорной зоны Краснодарского края // Тезисы докл. научно-практической конференции, посвященной 25-летию Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии. Курск, 1995.

Elwell H., Stocking M. Estimating soil life-span for conservation planning // Tropical Agriculture. - 1984. V. 61. № 2.

Frielinghaus M. Task force on tolerable soil loss in Europe // E.S.S.C. Newsletter, 1998. №1+2.

Friere O., Marcos Z.Z. Tolerancia de perdidas para os solos de basia da Represa do Broa. // Rev. agr. 1981. V. 56. № 4.

Friere O., Vasques H.J. Tolerancia de perdidas para os solos de Piracicala // Rev. agr. 1978. V. 53. №4.

National Soil Survey Handbook, U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2002.

Schwertmann U. Bodenerosion durch Wasser-Ursachen, AusmaB. Vorkersage // Landwirt. Forsch, 1981. V. 37.

Skidmore E.L. Soil loss tolerance // Determinants of soil loss tolerance / ASA special publication. – Madison, 1982. №45.

Sparovek G., Weill M.M., Ranieri S.B.L., Schnug E., Silva E.F. The life-time concept as a tool for erosion tolerance definition // Scientia Agricola J. 1997. Vol. 54.

