

Ю. А. ШТОМПЕЛЬ  
Ф. Н. ЛИСЕЦКИЙ  
А. В. СТРЕЛЬНИКОВА

## ЗНАЧЕНИЕ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ В ПРОБЛЕМЕ НОРМИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ПОТЕРЬ

Обычно в практике противоэрозионного проектирования при обосновании важнейшего нормативного показателя — скорости воспроизводства почвенного профиля, испытавшего эрозионные и (или) дефляционные деформации, применяют более узкое понятие — средняя многолетняя скорость формирования плодородного (гумусового) горизонта. По различиям в соотношении эрозионных (дефляционных) потерь почвы со скоростью формирования гумусового горизонта ( $V$ ) можно выделить три основные группы методик для определения допустимых эрозионных потерь почвы ( $T$ ).

1)  $T = W - V$ , где  $W$  — потери почвы в условиях высокой почвозащитной эффективности растительного покрова. Величина  $T$  трактуется как скорость нормальной (геологической) эрозии;

2)  $T = V$ , т. е. отождествление допустимых потерь почвы со скоростью естественного почвообразовательного процесса. Разработка этого подхода восходит к работе Х. Беннета [2], по результатам которой был обоснован верхний предел  $T$ -уровня для почв США. Позднее этот принцип применялся во многих разработках европейских и советских эрозиоведов, что по праву позволяет отнести его к традиционному методу;

3)  $T = W_{\text{топ}}$ , т. е. обоснование некой величины смыва, не приводящей к существенному снижению урожая сельскохозяйственных культур.

Не останавливаясь на анализе этих подходов, отметим, что указанные принципы обоснования  $T$ -уровня не отражают современного уровня знаний. Полагаем, что от экспертных оценок необходимо переходить к моделированию ресурсоформирующих процессов в почве и разработке алгоритмов долгосрочного управления почвенными ресурсами.

С этой целью нами предлагается расчетная методика оценки величин  $T$ , основанная на выборе сценария оптималь-

ного использования почв, оценке основных характеристик почвенного ресурса, учете зависимости скорости ресурсоформирующих процессов от онтогенетической зрелости почвенного профиля, отражении важнейших процессов культурного почвообразования.

Используя способ формализации почвенного ресурса, учитывающий количественную (мощность гумусового горизонта  $H$ , мм) и качественную (содержание гумуса  $\Gamma$  в нем, %) оценки ресурсов почвенного плодородия [5], изменение почвы в результате почвообразования можно представить в виде

$$\int_0^t \frac{d(H\Gamma)}{d\tau} dt = \int_0^t H \frac{d\Gamma}{d\tau} dt + \int_0^t \Gamma \frac{dH}{d\tau} dt \quad (1)$$

Общая направленность изменения мощности гумусового горизонта на протяжении голоцена зависела прежде всего от зонально-провинциального уровня предельной мощности ( $H_\infty$ ) и функции времени [ $F(t)$ ]:

$$dH/dt = \lambda H_\infty F(t), \quad (2)$$

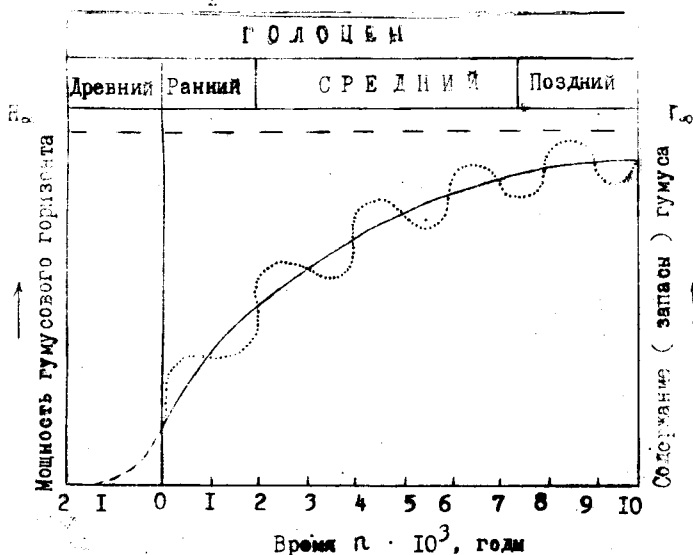
где  $\lambda$  — коэффициент, зависящий от биоклиматических условий почвообразования.

Для обоснования вида  $F(t)$  уместна аналогия тренда голоценовой эволюции ресурсоформирующих процессов в автоморфных почвах (рисунок) с общей закономерностью ростовых процессов в экосистемах, которые в обоих случаях подчиняются ходу S-образных кривых. Среди аппроксимирующих их функций — логистической и Гомпертца — последняя более предпочтительна из-за ее асимметрии (большей растянутости верхней ветви). С учетом этого процесс формирования гумусового горизонта можно представить в виде:

$$H_t = H_\infty \left( e^{-e^a + \lambda t} - e^{-e^a - 2000\lambda} \right), \quad (3)$$

где  $t$  изменяется от  $-2000$  до  $0$  (предыстория почв) и от  $0$  до  $10\,000$  лет (голоценовая история). Аналитический вид части кривой, выражаемой уравнением (3) в интервале  $0-10\,000$  лет применительно к прикладным задачам может быть упрощен. Решая дифференциальное уравнение вида

$$dH/dt = \lambda(H_\infty - H), \quad (4)$$



**Голоценовая эволюция автоморфной почвы на рыхлых материнских породах и формирование ее ресурсных характеристик (H и Г)**

получим

$$H_t = H_\infty (1 - ke^{-\lambda t}), \quad (5)$$

где  $k$  характеризует уровень первичного плодородия материнских пород в нуль-момент почвообразования, достигнутый за период древнего голоцена.

С учетом зависимости мощности гумусового горизонта основных почв Восточно-Европейской равнины от ресурсов тепло- и влагообеспеченности, поступления растительного вещества, времени и гранулометрического состава материнских пород получим итоговую запись трендовой составляющей процесса формирования гумусового горизонта ( $H_t$ , мм):

$$H_t = 10,85g (F_t/F_z)^{0,37} \cdot e^{0,0044Q} (1 - ke^{-\lambda t}), \quad (6)$$

где  $g$  — коэффициент, который зависит от гранулометрического состава (0,72 ÷ 1,40);

$F$  — ежегодная продукция растительности, т/га в год;

$F_1$  — фактическая;

$F_z$  — зональная:  $F_z = 8,7 \cdot 10^{-8} \cdot Q^{2,69}$ ;

$Q$  — ежегодные затраты энергии на почвообразование, МДж·м<sup>-2</sup>;

$Q = 41,87 [R_{\text{exp}} (-18,8 \cdot R^{0,73}/P)]$  в соответствии с (3),

где  $R$  — годовая величина радиационного баланса, ккал/см<sup>2</sup>;

$P$  — годовая сумма осадков, мм;

$k, \lambda$  — коэффициенты, которые определяются по педохронологическим данным.

Расчет средних скоростей формирования гумусового горизонта в условиях естественного почвообразования ( $V_N$ , мм/год) проводится так. Мощность  $H$  задается по смежным категориям эродированности ( $H_1, H_j$ ) и соответствующие значения  $t_1, t_j$  рассчитываются по (6):

$$V_{Nj} = (H_1 - H_j) / (t_1 - t_j).$$

Получаемые оценки (таблица) отражают величину превышения скорости естественного почвообразовательного процесса над темпами нормальной эрозии, поэтому табличные данные следует увеличить на 0,5 т/га. Для прогноза скорости

**Потенциальные скорости формирования гумусового горизонта почв ( $V_N$ ) и скорости рецентного почвообразования ( $V_R$ ), т/га в год**

Почвы	Степень смывости почвы			$V_R$
	слабая	средняя	сильная	
Подзолистые . . . . .	0,47	—	—	0,7
Черноземы лесостепи . . . . .	0,59	1,30	2,22	4,0
Черноземы обыкновенные . . . . .	0,54	1,06	1,82	2,6
Черноземы южные темно-каштановые . . . . .	0,50	0,95	1,35	2,3
Каштановые, светло-каштановые, бурые пустынно-степные	0,27	0,55	0,88	1,1

воспроизводства почвенных ресурсов при реализации программ по консервации разрушенных эрозией земель предлагается показатель  $V_R$  — скорость рецентного почвообразования (см. таблицу). Под ней понимается средняя скорость почвообразования за время, обеспечивающее формирование первых 20 см гумусового горизонта.

Зависимость скорости накопления гумуса от его содержания в почве в природных условиях может быть записана в следующем виде:

$$d\Gamma/dt = \Gamma(\Gamma_{\infty} - \Gamma) \cdot c(\Gamma + a). \quad (7)$$

Принтегрировав (7), получим расчетную формулу зависимости содержания гумуса ( $\Gamma$ ) от начального его значения  $\Gamma_1$  и интервала времени ( $t - t_1$ ):

$$\frac{c \cdot a}{\Gamma_{\infty}} \ln \frac{\Gamma(\Gamma_{\infty} - \Gamma_1)}{\Gamma_1(\Gamma_{\infty} - \Gamma)} - c \cdot \ln \frac{\Gamma_{\infty} - \Gamma}{\Gamma_{\infty} - \Gamma_1} = t - t_1. \quad (8)$$

Для получения коэффициентов  $a$  и  $c$  в (8) обобщены данные по основным генетическим типам (подтипам) почв Восточно-Европейской равнины. В прикладных целях нами предлагается рассчитывать оптимальные темпы гумусонакопления ( $\Delta\Gamma_{\text{опт}}$ , % в год) по формуле

$$\Delta\Gamma_{\text{опт}} = \frac{(\Gamma_{\text{исх}} - \Gamma_{\text{опт}})(e^{-b_z t_1} - e^{-b_z t_2})}{t_2 - t_1}, \quad (9)$$

где  $\Gamma_{\text{исх}}$  и  $\Gamma_{\text{опт}}$  — исходное и оптимальное содержание гумуса в контролируемом слое почвы, %;

$t_1 \div t_2$  — период контроля за процессом воспроизводства;

$b_z$  — параметр, значение которого обосновывается по модели (8).

Для подзолистых почв  $b_z = 0,032$ , для черноземов — 0,018—0,022, для темно-каштановых почв — 0,027.

Для условий агроландшафта обоснование допустимых эрозийных потерь почвы в точке профиля склона целесообразно проводить после предварительной оценки запаса почвенного ресурса  $(НГ)_{\text{исх}}$  и сопоставления его с оптимальным значением  $(НГ)_{\text{опт}}$  (6). При этом возможны следующие сценарии использования почвенных ресурсов:

1.  $(НГ)_{\text{исх}} > (НГ)'_{\text{опт}}$  — сценарий I, при котором в течение контролируемого времени допускается несбалансированность почвообразованием результатов проявления эрозийных процессов. В этом случае (за интервал времени  $t_2 - t_1$ ) значения  $T$  (мм/год) рассчитываются по следующей формуле:

$$T = \frac{[(НГ)'_{\text{опт}} - (НГ)_{\text{исх}}](e^{-bt_1} - e^{-bt_2})}{P(t_2 - t_1) \Gamma_{0-10}},$$

где  $\bar{\Gamma}_{0-10}$  — содержание гумуса в смываемом слое, %;

$P$  — коэффициент превышения содержания гумуса в твердом стоке по сравнению с исходным значением (изменяется от 1,2 — на выщелоченном черноземе до 3,2 — на орошаемой темно-каштановой почве, в среднем — 1,7);

$b$  — параметр, зависящий от экологических ограничений (возможность развития оврагов, скорость заиления водоемов, ухудшение качества воды).

2.  $(НГ)''_{\text{опт}} \leq (НГ)_{\text{исх}} \leq (НГ)'_{\text{опт}}$  — сценарий II, который связан с задачей стабильного поддержания качества почвенного ресурса, для чего управляющие воздействия в агроэко-системе должны быть адекватны по вещественно-энергетическому потенциалу допустимым эрозионным потерям почвы. Расчет  $T$ -уровня проводится по схеме:

$$T = 200 \left[ \frac{1}{t_2 - t_1} \sum_{\varphi=1}^{t_2 - t_1} K_{Г\varphi} A_{\varphi} + 0,18 \alpha \cdot D + \frac{1}{t_2 - t_1} \sum_{\varphi=1}^{t_2 - t_1} 0,009 (K_N \Theta)_{\varphi} + \right. \\ \left. + 0,18 \bar{\Gamma}_{0-20} V_N / \bar{\Gamma}_{0-10} (1 + 2p) - \frac{10}{t_2 - t_1} \sum_{\varphi=1}^{t_2 - t_1} K_{р\varphi} Y_{\varphi} - \right. \\ \left. - 0,02 \gamma \bar{\Gamma}_{0-20} / \bar{\Gamma}_{0-10} (1 + 2p) \right]$$

где  $A_{\varphi}$  — количество растительных остатков, поступающее с культурами ( $\varphi$ ) севооборота, т/га;

$K_{Г\varphi}$  — коэффициент гумификации;

$D$  — дозы вносимых органических удобрений, т/га;

$\alpha$  — коэффициент пересчета разных видов удобрений в подстилочный навоз;

$\Theta$  — количество вносимых азотсодержащих минеральных удобрений, кг/га;

$K_N$  — доля азота в минеральных удобрениях;

$Y_{\varphi}$  — урожай основной продукции, ц/га;

$K_{р\varphi}$  — коэффициент расхода азота гумуса;

$\Gamma_{0-10}$ ,  $\Gamma_{0-20}$  — содержание гумуса (%) в слое 0—10 и 0—20 см;

$\gamma$  — плотность слоя 0—20 см, г/см<sup>3</sup>;

$t_2 - t_1$  — период ротации севооборота.

3. В сценарии III [(НГ)<sub>исх</sub> < (НГ)<sub>опт</sub>] реализована программа воспроизводства почвенного ресурса по оптимальным темпам гумусонакопления, рассчитанным по формуле [9] и с учетом зональных скоростей формирования гумусового горизонта (см. таблицу).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бэлов В. В., Лісецький Ф. М. Розрахунок інтенсивності гумусонагромадження в умовах ґрунтоутворювального процесу//Агрохімія і ґрунтознавство, 1992, 55, С. 82—88.

2. Беннетт Х. Х. (1939). Основы охраны почвы. М.: Изд-во иностр. лит., 1958.

3. Волобуев В. Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974.

4. Лісецький Ф. Н. Оценка скорости воспроизводства почвенного ресурса//Докл. ВАСХНИЛ. 1987. № 6. С. 16—18.

5. Швобс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения. Киев—Одесса: Вища школа, 1981.

**В. И. СИДОРЕНКО**

**А. И. СТОЛЯРОВ**

**В. П. СУЕТОВ**

### **ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА СВОЙСТВА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА КУБАНИ.**

### **УРОЖАЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЕГО КАЧЕСТВО ПРИ ОРОШЕНИИ**

В Краснодарском крае площадь орошения различных культур составляет около 250 тыс. га, не считая районов рисосеяния. Орошение нередко изменяет свойства и режимы черноземов, сформировавшихся в условиях дефицита влаги. На участках, подверженных развитию негативных процессов, снижается доступность элементов питания растений, так как