

ЭРОЗИЯ ПОЧВ

УДК 631.459

ИЗМЕРЕНИЕ СМЫВА ПОЧВЫ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ

Э. К. Мирзакеев

*Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У. У. Успанова 050060, Алматы,
пр-т Аль-Фараби 75в, Казахстан*

В статье освещены методические вопросы определения количественных характеристик продуктов смыва почв с сельскохозяйственных угодий предгорной зоны Казахстана. Количественные показатели смыва почв определялись: путем наблюдений на стоковых площадках, путем учета жидкого стока и наносов в замыкающем створе борозды и методом обмера водороин.

ВВЕДЕНИЕ

Учет смываемости почвы сводится к измерению количества почвы, уносимого водой с определенной площади за единицу времени. В настоящее время при натурном изучении количественных характеристик продуктов смыва почв с сельскохозяйственных полей предгорной зоны Казахстанского Тянь-Шаня применяются в основном следующие методы: учет стока воды и наносов в замыкающем створе борозды, метод обмера водороин и путем наблюдений на стоковых площадках. Они позволяют установить характер и размеры текущего проявления водно-эрозионного процесса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Трудность изучения поверхностного стока и смыва в естественных условиях и невозможность охвата всего многообразия природных условий делают необходимым постановку активного эксперимента, позволяющего ускорить процесс познания.

Учет смыва сводится к измерению количества почвы, уносимой водой с определенной площади за единицу времени. В чистом виде величину стока и смыва можно получить путем наблюдений на стоковых площадках (рисунок 1). Стоковые площадки устроены прямоугольной формы. Длинные стороны площадки располагались по нормали к горизонталям. Они устраивались так, по границе в верхней по склону и с двух боковых сторон создавался валик с бороздой

вдоль внешней стороны. Валик после усадки грунта должен иметь высоту 15-20 см. Вдоль верхней по склону стороны площадки устраивалась нагорная канава. Нижняя по склону сторона использовалась для перехвата воды стекающей с площадки. Поэтому располагалась она не под прямым углом к длинным сторонам, а так, чтобы придать необходимый уклон водоприемному устройству (стокприемнику). Изучение склонового стока и смыва почв проводилось в периоды выпадения естественных дождей. Для приема поверхностного стока и смыва почв устроены металлические водоприемники. Опытные стоковые площадки заложены таким образом, чтобы можно уловить характер влияния длины и уклона, а также растительного покрова на величины стока и смыва почв. Величина стока определялась по мерным рейкам прикрепленным к стенкам стокприемников. Для установления смыва почвы отбирались средние пробы воды на мутность с водоприемников после прекращения дождя в обычные полулитровые емкости. Пробы воды фильтровались и твердая фаза взвешивалась в воздушно-сухом состоянии.

Смыв почвы (Q_i) со стоковой площадки определяется по формуле:

$$Q_i = W \times \rho \quad (1)$$

где: Q_i – вес смытой почвы со стоковой площадки, г;

W – сток с площадки, л; ρ – мутность воды, г/л.



Рисунок 1 – Стоковая площадка

Смыв почвы (Q , т/га) со всего объекта (сельскохозяйственного угодья) вычисляется по формуле:

$$Q = \frac{Q_i}{La} \quad (2)$$

где: Q – вес смытой почвы, т/га;

Q_i – потеря почвы со стоковой площадки, т;

L – длина площадки, м;

a – ширина площадки, м.

В настоящее время при натурном изучении водной эрозии на орошаемых землях применяется способ учета расхода воды и смыва почв в замыкающем створе поливной борозды (рисунок 2).

На практике применения способа «расход воды – мутность», интервалы времени отбора воды на мутность не унифицированы, а точность полученных результатов не оценивается.

Измерение смыва почвы следует выполнять в течение всего полива путем отбора проб воды на мутность с одновременным фиксированием напора (расхода) воды. Объем пробы должен составлять не менее 0,5 л. Пробы фильтровались, высушивались и взвешивались. Место отбора проб воды на мутность для учета стока взвешенных наносов назначается в соответствии с имеющимся гидрологическим оборудованием (водослив с тонкой стенкой) в конце борозды. При использовании водосливов пробы отбирались выше зоны аккумуляции создаваемого щитом водослива. Для учета стока влекомых наносов необходимо измерять количество за определенный период вре-

мени, и дополнительно при каждом отборе проб из-под струи, переливающийся через гребень водослива. Были приняты следующие интервалы для забора проб: 30 мин после добегаания поливной воды до конца борозды, 1, 2, 3, 5 час и далее через каждые 2 часа водослива. Были приняты следующие интервалы для забора проб: 30 мин после добегаания поливной воды до конца борозды, 1, 2, 3, 5 час и далее через каждые 2 часа.



Рисунок 2 – Смыв почвы при бороздковом способе полива

Для оценки потенциальной опасности эрозии почвы является ожидаемая величина смыва. Для расчета возможной величины смыва почв при поливе по бороздам В. Я. Григорьевым и др. [1] установлена следующая зависимость:

$$Q = \frac{1,97 \cdot l}{M} \left(\frac{q^{0,6} \cdot J}{V_{\Delta p}} \right) 3x \cdot t \quad (3)$$

где:

Q – смыв почвы, т/га,

q – расход воды в конце борозды, л/с,

J – уклон борозды,

t – время полива после добегаания воды до конца борозды, ч,

l – длина борозды, м,

M – ширина междурядий, м,

$V_{\Delta p}$ – донная разливающая скорость разливной воды, м/с

Приведем пример расчета:

Исходные данные: длина борозды, $l = 50$ м; расход воды в конце борозды, $q = 0,63$ л/с; уклон борозды, $J = 0,005$; время полива после добегаания воды до конца борозды, $t = 6$ ч; ширина междурядий, $M = 0,6$ м; донная разливающая скорость поливной воды,

$$V_{\Delta p} = 0,072 \text{ м/с}$$

Подставляя числовые значения в формулу (3) рассчитываем ожидаемую величину смыва почвы при поливе.

$$Q_{50} = \frac{1,97 * 50}{M} \left(\frac{q_{0,6} * J}{V_{\gamma p}} \right)^3 * t = \frac{1,97 * 50}{0,6} \left(\frac{0,63^{0,6} * 0,005}{0,072} \right)^3 * 6 = 164,17(0,63^{0,6} * 0,07)^3 * 6 = 985,02(0,63^{0,6} * 0,07)^3 =$$

$$985,02(0,63^{0,6} * 0,07) = 985,02 * 0,63^{1,8} * 0,07^3$$

$$IqQ_{50} = Iq985 + 1,81q0,63 + 3Iq0,07$$

$$IqQ_{50} = 2,9934 + 1,8 * 1,7993 + 3 * 2,8451$$

$$IqQ_{50} = 2,9934 + 1,8 * (-0,2007) + 3 * (-1,1549)$$

$$IqQ_{50} = 2,9934 - 0,3612 - 3,4647$$

$$IqQ_{50} = -0,8325 = 1,1675;$$

$$Q_{50} = 0,147 \text{ т/га}$$

В процессе полевых исследований метод обмера водороин оказался достаточно точным и малотрудоемким, что дает возможность широко применять его при маршрутных и детальньх почвенно-эрозионных исследованиях.

Однако, метод обмера водороин еще недостаточно разработан. Не имеются обоснованных рекомендаций по выполнению выборочных измерений на различных частях склона, нет указаний по методике обмера водороин и оценке его точности. При методически верной организации промеров этот прием позволяет не только получить представление о суммарном смыве, но изучить его распределение в пространстве, однако информация остается фиксированной во времени.

При определении смыва почв с водороины по способу «расход – мутность» важным является вопрос о сроках отбора проб воды на мутность в течение суток. Однако, на практике применение способа расход воды и ее мутность, интервалы времени отбора проб воды на мутность не унифицированы, а точность получаемых результатов не оценивается. Изложенные обстоятельства затрудняют накопление однородных данных по водной эрозии и обуславливают в большинстве случаев субъективную оценку потерь почвы и эффективность почвозащитных мероприятий. Согласно «Методическим рекомендациям» [2] количество проб в дни с максимальной мутностью должно составлять 10-12. Однако, зачастую в опубликованных материалах наблюдений по разным причинам число проб бывают примерно в 2-3 раза меньше рекомендуемых.

Предложенный С.С. Соболевым [3] способ обмера водороин весьма оперативен и методически недостаточно разработан. Нет обоснованных указаний по производству выборочных измерений на различных частях склона, не имеется рекомендаций по методике обмера водороин и оценки его точности.

Измерение стока наносов следует выполнять в течение всего периода формирования стока путем отбора единичных проб воды на мутность с одновременным фиксированием расхода воды. Место отбора проб воды на мутность для учета стока взвешенных наносов назначается в соответствии с имеющим гидрометрическим оборудованием: при помощи водослива с тонкой стенкой с треугольным водосливным вырезом под 90°. Объем одной пробы должен составлять не менее 0,5 л. Пробы фильтровались, высушивались и взвешивались. При использовании водосливов пробы отбираются выше зоны аккумуляции мелкозема, то есть за пределами подпора, создаваемого щитом водослива. Для учета стока влекомых наносов необходимо измерять количество наносов, отложившихся перед щитом водослива за определенный период времени (например, за сутки), и дополнительно при каждом отборе проб из-под струи, переливающейся через порог водослива

При ливнях и дождях интервалы между сроками отбора проб сокращаются до 10-20 мин в зависимости от интенсивности и продолжительности выпадения осадков. Так, например, при средней интенсивности осадков более 0,3 мм/мин пробы воды на мутность отбираются через 10 мин. Расход взвешенных наносов (Q, г/с) за каждый срок отбора проб воды подсчитывается как произведение мутности (ρ, г/л) на расход воды (q, л/с):

$$Q = \rho q \quad (4)$$

Суточный смыв почвы (Pсут, кг) определяется по данным срочных отложив-

шегося мелкозема (Па, кг). Расчет ведется по формуле ГГИ:

$$P_{\text{сут}} = 10^{-3} \left(\frac{Q_0 + Q_{24}}{2} * T_1 + \frac{Q_1 + Q_2}{2} * T_2 + \dots + \frac{Q_{n-1} + Q_n}{2} * T_n \right) + P_0 \quad (5)$$

где: 10^{-3} – коэффициент размерности;
 Q_0, Q_{24} – расходы взвешенных наносов (г/с) в 0 и 24 часа данных суток;

$Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ – промежуточные значения расходов взвешенных наносов,

г/с;

$T_1, T_2, T_3, \dots, T_{24}$ – интервалы времени в секундах

Па – вес мелкозема, отложившегося перед шитом водослива.

Учет производится один раз в сутки.

Количество отложившегося мелкозема (Па, кг) перед гидрометрическим сооружением определяется умножением объема смытого материала на его плотность. Плотность отложившегося наноса определялась по соотношению массы высушенного образца к первоначальному объему в естественном состоянии.

Интегральный смыл почвы с объекта за период стока подсчитывается суммированием суточных его значений, найденных по формуле 5.

Детальный способ применяется в полевых исследованиях при изучении механизма эрозионных процессов, при этом предусматривается учет смыва почв на том или ином объекте всех без исключения водороин.

Для разработки противоэрозионных мероприятий необходимо изучение жидкого и твердого стока. Одним из методов изучения стока и смыва является метод замкнутых водосборов. Этот метод дает

суммарную характеристику стока и его продуктов смыва, не дифференцируя особенности этих явлений по отдельным звеньям водосбора и рельефа, по влиянию экспозиции склона.

Следующим применяемым методом является метод периодического взятия проб воды на мутность на пути движения сформировавшегося стока. Этим методом можно с успехом пользоваться при рекогносцировочном объезде для определения смыва, при наблюдениях за динамикой смыва по отдельным элементам рельефа. Но суммарной оценки эрозионных процессов данный метод дать не может.

Обследование объектов исследований с целью выявления количества и размеров водороин производится непосредственно после окончания снеготаяния или выпадения ливневых и дождевых осадков. Измерение ширины и глубины водороин осуществляется с помощью миллиметровых линеек или шпигтенмасштаба с точностью до 0,002 м. Точки начала отчета ширины и глубины водороин в конкретном створе устанавливаются по меткам максимального уровня воды в водороине (уровень при прохождении руслоформирующего расхода) в виде следов различных растительных остатков, осевших на ее берегах.

Для определения площадей поперечных сечений водороин необходимо производить промеры глубин микрорусла в соответствии с «Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва почв при изучении водной эрозии» [2] приведенные в таблице 1.

Таблица 1 - Интервалы между промерными вертикалями на поперечных сечениях водороин

Ширина поперечного сечения водороины, м	Интервал между промерами глубин водороин, м
менее 0,3	0,03
0,3-0,5	0,05
0,51-1,0	0,10
1,01-2,0	0,20
более 2,0	0,40

Например, при ширине водороины 1,0 м глубина измеряется через 0,10 м, то есть в 10 точках ($1,0 : 0,10 = 10$). Площадь поперечного сечения (ω , м²) определяется по формуле:

$$\omega = B \bar{h}_{\text{ср}} \quad (6)$$

где:

B – ширина водороины, м,

$\bar{h}_{\text{ср}}$ – средняя глубина, м

Для измерения смыва почвы методом водороин необходимо учитывать в том или ином объекте все без исключения водороины (рисунок 3) и назначать по длине каждой из них не менее 20 створов на уплотненной пашне (озимые, многолетних травах) и 30 створов на зяби и пропашных.



Рисунок 3 – Детальные измерения смыва почвы промерами водороин

А – зябь, пропашная ($\Delta l_{zn} = \frac{L_{zn}}{30}$);

Б – уплотненная пашня ($\Delta l_{yn} = \frac{L_{yn}}{20}$);

I, II, III... – номера водороин, $w_1, w_2, w_3...$ – площади поперечных сечений водороин; $\Delta l_{12}, \Delta l_{23}$ – расстояния между поперечными сечениями.

Интервал измерения (Δl) применительно к конкретной водороине находится путем деления ее длины (L_v) на число створов (n), зависящее от вида агрофона.

При производстве измерений на зяби и пропашных интервал измерений определяется по формуле:

$$l_{30} = \frac{L_{zn}}{30} \quad (7)$$

а на уплотненной пашне:

$$l_{20} = \frac{L_{yn}}{20} \quad (8)$$

Объем выноса продуктов смыва почв с водороины (W , м³) определяется по формуле:

$$W = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2} * \Delta l_{1-2} + \frac{\omega_2 + \omega_3}{2} * \Delta l_{2-3} + \dots + \frac{\omega_{n-1} + \omega_n}{2} * \Delta l_{(n-1)-n} \quad (9)$$

где: $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots, \omega_{n-1}, \omega_n$ – площадь поперечного сечения в створах 1, 2, 3 n-1, n;

$\Delta l_{1-2}, \Delta l_{2-3}, \dots, \Delta l_{(n-1)-n}$, Δ – интервалы измерений поперечных сечений водороин. Смыв почвы (P_n , м³) со всего объекта определяется суммированием объемов отдельных водороин:

$$P_n = W_I + W_{II} + W_{III} + \dots + W_N \quad (10)$$

где: $W_I, W_{II}, W_{III}, \dots, W_N$ – объемы смыва по водороинам I, II, III...N,

N – количество водороин на объекте.

Анализ эрозионно-аккумулятивных процессов показывает, что определенная часть смытого материала переотлагается на склонах, поэтому при расчетах смыва почв посредством метода водороин целесообразно использовать уравнение:

$$P_{\phi} = P_{\tau} - P_{\text{акк}} \quad (11)$$

где: P_{ϕ} – фактический смыв почвы в замыкающем створе водороины;

P_{τ} – потенциальный смыв почвы, определяемый по всем имеющимся водороинам.

нам независимо от динамики их развития;

$R_{акк}$ – аккумуляция наносов в пределах склона, определяемая путем замера конусов выноса.

Назрела необходимость для получения детальной информации о механизме смыва и транспорта наносов в ручейковой сети, на поверхности склонов и при поливе по бороздам. Только на базе таких наблюдений возможно резко повысить точность расчетных методов прогноза смыва почвы и, следовательно, организа-

ция эффективной борьбы за сохранение почвы и повышения ее плодородия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для совершенствования методов изучения весеннего паводкового, дождевого, ливневого и поливного стока необходимо разработать объективные нормы применения метода учета смыва почв. Изучить водно-эрозионные процессы не только во времени, но и в пространстве, разработать и совершенствовать гидродинамические модели дождевого, ливневого и поливного стока и смыва почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев В. Я., Кузнецов М. С., Ким А. Д., Жураев Б. Р. О расчете элементов техники полива по бороздам // Науч. Докл. Высшей школы «Биологические науки». 1978. № 7. С. 138-139.
2. Методические рекомендации по учету поверхностного стока и смыва при изучении водной эрозии. Л.: Наука. 1975. 88 с.
3. Соболев С. С. Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР и борьба с ними. Т. 1. М. Л. АН СССР. 1948. 305 с.

ТҮЙІН

Мақалада Қазақстанның тау бөктеріндегі аймақтарындағы ауыл шаруашылығы жерлерінен топырақтың шайылу көлемінің сандық сипаттамаларын анықтаудың әдістемелік мәселелері келтірілген. Топырақтың шайылуының сандық көрсеткіштері су ағысы алаңшаларын бақылау жолымен, атыздың тұйықтаушы жармасындағы жиындылар мен сұйық ағынды есепке алу жолымен және су қазып кеткен жерлерді өлшеу әдісімен анықталды.

RESUME

The methodical problems on the determination of quantitative characteristics of soil erosion loss products from agricultural lands of piedmont zone of Kazakhstan are considered in the article. Quantity indicators of washout soils were defined: by supervision on sewer platforms, by the account of a liquid drain and deposits in closing cross section furrow and a method of measurement ravine.