

УДК 631.421.1

UDC 631.421.1

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ПОЧВЫ ОТ МЕСТНОЙ ВЕТРОВОЙ ЭРОЗИИ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД В ЦЕНТРАЛЬНОМ ПРЕДКАВКАЗЬЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**DEFINITION OF LOSSES OF SOIL FROM LOCAL WIND EROSION DURING THE WINTER PERIOD IN THE CENTRAL CISCAUCASIA WITH USE OF INFORMATION TECHNOLOGY**

Лютяев Петр Владимирович  
аспирант  
*ГНУ Ставропольский НИИСХ,  
356240, Россия, г. Михайловск, ул. Никонова, 49*

Lyutyayev Petr Vladimirovich  
postgraduate student  
*GNU Stavropol NIISH,  
356240, Russia, Michaylovsk, Nikonova, 49*

Установлено, что с помощью информационных технологий можно оперативно фиксировать проявление ветровой эрозии, определять размеры потерь почвы. Создана математическая модель процесса ветровой эрозии в зимний период

It has been proved, that by means of information technologies, it is possible to fix the wind erosion operatively, to determine the sizes of soil losses. The mathematical model of process of the wind erosion during the winter period is created

Ключевые слова: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ВЕТРОВАЯ ЭРОЗИЯ, ЗИМНИЙ ПЕРИОД, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Keywords: INFORMATION TECHNOLOGIES, WIND EROSION, WINTER PERIOD, MATHEMATICAL MODEL

Ветровая эрозия в зимний период может проявляться в виде пыльных бурь и местной дефляции. В условиях 2010-2011 гг была использована возможность изучения местной ветровой эрозии в зимний период. Для выполнения задач мониторинга земель, подверженных эрозии, возникает необходимость в точной оценке потерь почвы.

Особые трудности при использовании существующих методов возникают при интерпретации результатов. Эти трудности обусловлены тем, что средняя концентрация почвенной фазы в заданном створе потока зависит от вертикальной координаты точки измерения, т.е. от ее высоты над поверхностью почвы. Средняя концентрация почвенной фазы зависит также и от горизонтальных координат точки измерения, от расстояния воздушно-почвенного потока от очага выдувания, а характер распределения почвенных частиц по размерам в сильнейшей степени сказывается на профиле их концентрации [1].

Для решения задач указанного класса необходимо обеспечить возможность измерения потока почвенной фазы через площадку

известного размера, расположенную перпендикулярно потоку. Имея значения потока почвенной фазы для ряда таких площадок, охватывающих с той или иной полнотой все поперечное сечение взвеси несущего потока, можно методом интерполяции определить суммарный поток почвенной фазы через данный створ. Такой площадкой обычно служит приемное отверстие воздухозаборного устройства измерительного прибора. Чем меньше возмущений вносит измерительный прибор в поток, тем точнее будут результаты измерений. Возмущения будут минимальными в том случае, когда средняя продольная скорость потока в приемном отверстии прибора будет равна средней продольной скорости потока в данной точке в отсутствие прибора. При этом результаты измерений будут отражать концентрацию почвенной фазы в слое потока, равном по толщине вертикальному размеру приемного отверстия. Если скорость потока в приемном отверстии прибора будет меньше средней скорости, характерной для потока в этом месте в отсутствие прибора, результаты измерений будут заниженными. Если скорость на входе в прибор будет больше средней скорости потока в этом месте в отсутствие прибора, то результат измерений будет завышенным [1].

Нами было решено создать метод наименее затратный, трудоемкий (без дополнительных приспособлений), но в тоже время достаточно точный, позволяющий в кратчайшие сроки зафиксировать и определить (количественно) в полевых условиях общие потери почвы от ветровой эрозии на обширной территории.

В данной статье рассматривается определение потерь почвы от местной ветровой эрозии в зимний период с использованием информационных технологий на примере Центрального Предкавказья.

С декабря 2010 до 23 февраля 2011 года в центральной части Ставропольской возвышенности отмечалось 21 случай промерзания и оттаивания поверхностного слоя почвы, 12 случаев увлажнения и 4 случая

сушения. Это обстоятельство способствовало разрушению почвенной структуры на глубину 4-5 см. Проявление восточных ветров 23-25 февраля вызывало сушение увлажненного поверхностного слоя на глубину 0,1-0,2 см, что местами на фоне выровненной отвальной зяби или чистого пара вызывало ветровую эрозию.

Для учета интенсивности выдувания был выбран ключевой участок в производственных условиях. С наветренной стороны ключевого участка была расположена лесная полоса, которая способствовала задержанию выдутых частиц с соседнего поля. С подветренной стороны находился лесной массив, который вызывал оседание почвенных частиц с ключевого участка, что позволяло учесть всю массу выдутой почвы. Были проведены наблюдения за состоянием поверхности снежного покрова с наличием и отсутствием эоловых наносов. Установлено, что полное отсутствие выдутых частиц на поверхности снежного покрова отмечалось на расстоянии 450 м от ключевого участка. Слабое оседание почвенных частиц происходило на расстоянии 150-400 м. Далее наблюдалось увеличение мощности осевших частиц до 3 мм на расстоянии 1-3 м от участка (табл. 1).

Решено было определить массу выдутой почвы с ключевого участка по следующим показателям: расстояние до участка, проективное покрытие почвенными частицами поверхности снежного покрова, мощность (толщина) покрытия. Проективное покрытие определялось с помощью информационных технологий, заключающихся в следующем: состояние поверхности с наличием выдутых частиц фиксировалось цифровым фотоаппаратом и переносилось в компьютер. Затем данное изображение обрабатывалось в графической программе Adobe Photoshop CS3 Extended [2] по следующей методике: на фотоснимке разница оттенков снежного покрова (более светлый) и покрова с почвенными частицами (более темный) позволяло выделить все участки, покрытые выдутыми частицами,

а затем вычислить процентное соотношение содержания таких участков на снимке с помощью встроенного инструмента «Анализ». Данное значение и принималось за проективное покрытие, выраженное в процентах.

Таблица 1 – Содержание выдутых почвенных частиц на поверхности снежного покрова с ключевого участка 23-25 февраля 2011 года

Расстояние до поля, м	Проективное покрытие, %	Толщина слоя, мм	Содержание выдутых почвенных частиц, т/га
400	58,7	0,1	0,59
200	41,7	1,0	4,17
180	52,5	1,6	8,40
150	67,8	1,9	12,88
130	74,6	2,0	14,92
100	80,4	2,3	18,49
70	86,0	2,4	20,64
50	93,5	2,6	24,31
40	94,0	2,7	25,38
3	98,3	3,0	29,49
1	95,3	3,0	28,59

Толщина слоя определялась только на самом удаленном (400 м) от ключевого участка расстоянии и вблизи него (1-3 м), все остальные данные о толщине слоя вычислялись с помощью интерполяции граничных значений. Содержание выдутых почвенных частиц определялось на основе предположения о том, что при толщине выдутаго слоя на поверхности снежного покрова в 1 мм – содержание выдутых частиц с ключевого участка составляет 10 т/га. Поэтому необходимо было проективное покрытие (в %) умножить на толщину слоя (в мм), а затем умножить на коэффициент 10. Общее выдувание почвы с ключевого участка вычислялось средним арифметическим найденных ранее значений – 17,08 т/га.

Наибольшая масса выдутой почвы наблюдалась на расстоянии от 50 до 1 м. Обычно объем наносов определяется на данном расстоянии, не учитывая оседание частиц в дальнейшем потоке приземного слоя воздуха.

Из-за этого точность вычисления снижается на 50-60%, но для учета всей выдутой почвы с участка необходимо увеличение времени, что увеличивает трудоемкость всей работы. Поэтому было принято решение вывести формулу, описывающую весь процесс выдувания почвенных частиц с ключевого участка при данных условиях. Требовалось определить общее выдувание почвы с ключевого участка, основываясь только лишь на проективном покрытии почвенными частицами поверхности снежного покрова и расстоянии от участка, где это проективное покрытие определяется.

В итоге математических вычислений, основанных на данных таблицы 1, была создана математическая модель процесса выдувания почвенных частиц с ключевого участка при сложившихся условиях 23-25 февраля 2011 года (скорость ветра 17-21 м/с, наличие слабого снежного покрова):

$$V = \frac{3.5 \cdot p \cdot (300 - l)}{5900 - 25.4 \cdot l}, \text{ где} \quad (1)$$

$V$  - общее выдувание почвы с участка, т/га;

$p$  - проективное покрытие почвенными частицами поверхности снежного покрова места измерения, %;

$l$  - расстояние от места измерения до участка, м.

Данная модель позволяет определить выдувание почвенных частиц с любого участка при одинаковых условиях, основываясь лишь на одном измерении проективного покрытия почвенными частицами на известном, произвольном расстоянии от участка.

С целью возможности определения потерь почвы от ветровой эрозии 23-25 февраля 2011 года была использована данная модель при проведении наблюдений по выдуванию почвы в конце марта – начале апреля 2011 года в Шпаковском, Грачевском, Александровском и Минераловодском районах. Наблюдения проводились как на поверхности снежного покрова, так и после его таяния. Максимальная мощность выдутого слоя на

расстоянии от 1 до 50 м составляла от 2 до 4 мм. Предварительная оценка позволяла определить потери почвы около 30 т/га, расчетные потери почвы по модели (при наличии снежного покрова) составили – 15,1 т/га, после его таяния – 12,5 т/га. Различие результатов расчета по модели потерь почвы заключается в сложности определения проективного покрытия почвенными частицами при отсутствии снежного покрова, т.к. намного уменьшается разница оттенков поверхности и слоя почвенных частиц на ней.

Выдувание почвы происходило при отсутствии растительности или ее остатков. При наличии стерни высотой 10-12 см после активного снеготаяния не было отмечено следов выдувания и накопления почвенных частиц. Однако, наличие стерни высотой 35-40 см способствовало снегозадержанию высотой до 20-25 см и накоплению выдутых с соседнего поля почвенных частиц. При увеличении высоты барьера до 80-85 см увеличилась мощность снежного покрова до 35-45 см и возможность накопления сдуваемых частиц. Таким образом, если поверхность покрыта растительными остатками, то не только исключается сдувание почвенных частиц с поверхности, но и появляется возможность накопления выдутых с других участков.

Предложенная модель является частным случаем и применять ее можно только при условиях, сложившихся, например, 23-25 февраля 2011 года. Но можно также вывести подобную формулу для любых условий, которые могут возникнуть при ветровой эрозии в зимний период (при наличии снежного покрова). Для этого используется следующая (общая) формула:

$$V = \frac{P}{10} \cdot \frac{(l - l_{\min}) \cdot (t_{\min} - t_{\max}) + t_{\max} (l_{\max} - l_{\min})}{(l - l_{\min}) \cdot (v_{\min} - v_{\max}) + v_{\max} (l_{\max} - l_{\min})} \cdot V_{\text{ср}}, \quad (2)$$

где

$V$  - общее выдувание почвы с участка, т/га;

$p$  - проективное покрытие почвенными частицами поверхности снежного покрова места измерения, %;

$l$  - расстояние от места измерения до участка, м;

$l_{\min}, l_{\max}$  - наименьшее и наибольшее расстояние, при котором проводились наблюдения

$t_{\min}, t_{\max}$  - наименьшая и наибольшая толщина слоя, зафиксированная при наблюдении на всех исследуемых участках;

$v_{\min}, v_{\max}$  - наименьшее и наибольшее значение проективного покрытия почвенными частицами поверхности снежного покрова, зафиксированное при наблюдении на всех исследуемых участках;

$V_{\text{ср}}$  - среднее арифметическое значений содержания выдутых почвенных частиц с каждого определенного при наблюдении участка.

Для того, чтобы получить математическую модель процесса ветровой эрозии, на подобие представленной формулы (1), необходимо аргументы формулы  $(l_{\min}, l_{\max}, t_{\min}, t_{\max}, v_{\min}, v_{\max}, V_{\text{ср}})$  заменить числовыми значениями. Для этого после ветровой эрозии выбирается поврежденный ключевой участок и на различных расстояниях от него выделяются несколько участков (от 5 до 10), на которых фиксируются следующие данные: проективное покрытие почвенными частицами поверхности снежного покрова, толщина слоя покрытия частицами, расстояние от ключевого участка. Все данные заносятся в таблицу (по форме таблицы 1) и рассчитываются недостающие данные, способы вычисления которых описаны выше.

В результате мы получаем формулу, с помощью которой можно вычислить выдувание почвенных частиц с любого участка, поврежденного ветровой эрозией при таких же условиях. Для этого необходимо сделать всего одно измерение, зная при этом лишь расстояние до поврежденного

участка и проективное покрытие почвенными частицами поверхности снежного покрова. Данный метод намного упрощает и ускоряет вычисление объемов выдувания почвенных частиц с поврежденных участков, при этом не теряется точность результатов.

Наиболее трудоемким вычислением при данном методе является измерение расстояния (вручную) до поврежденного ветровой эрозией поля. Но в представленной выше компьютерной программе присутствует инструмент измерения расстояний, намного облегчающий данный процесс. Для этого на снимке измеряемого участка должен находиться объект, с известными размерами для предания масштаба изображению. На основе такого объекта можно вычислить размеры всех остальных объектов на фотоснимке, включая и расстояние до поврежденного ветровой эрозией поля.

Для примера был взят фотоснимок участка (рис. 1) с лесной полосой известной высоты (17,3 м). На основе этой лесной полосы с помощью программы Adobe Photoshop CS3 Extended было вычислено расстояние до поврежденного поля (290 м), которое находилось сразу за ней. При данных вычислениях стоит учитывать перспективу, которая меняет размеры близких и отдаленных объектов на снимке. Из-за этого вычисленное расстояние необходимо делить на 2, чтобы получить реальные значения. Таким образом, реальное расстояние будет равняться 145 м.

Значительную роль в распределении снежного покрова и в задержании выдутых частиц играют пылезащитные лесные полосы. При мониторинге земель возникает необходимость определить роль лесных полос в предотвращении выдувания почвы. По расстоянию задержанного снежного покрова можно судить об эффективности лесных насаждений. С целью оперативного измерения защищаемого расстояния определяется линия снегонакопления как с подветренной (рис. 2), так и с наветренной стороны (рис. 3).



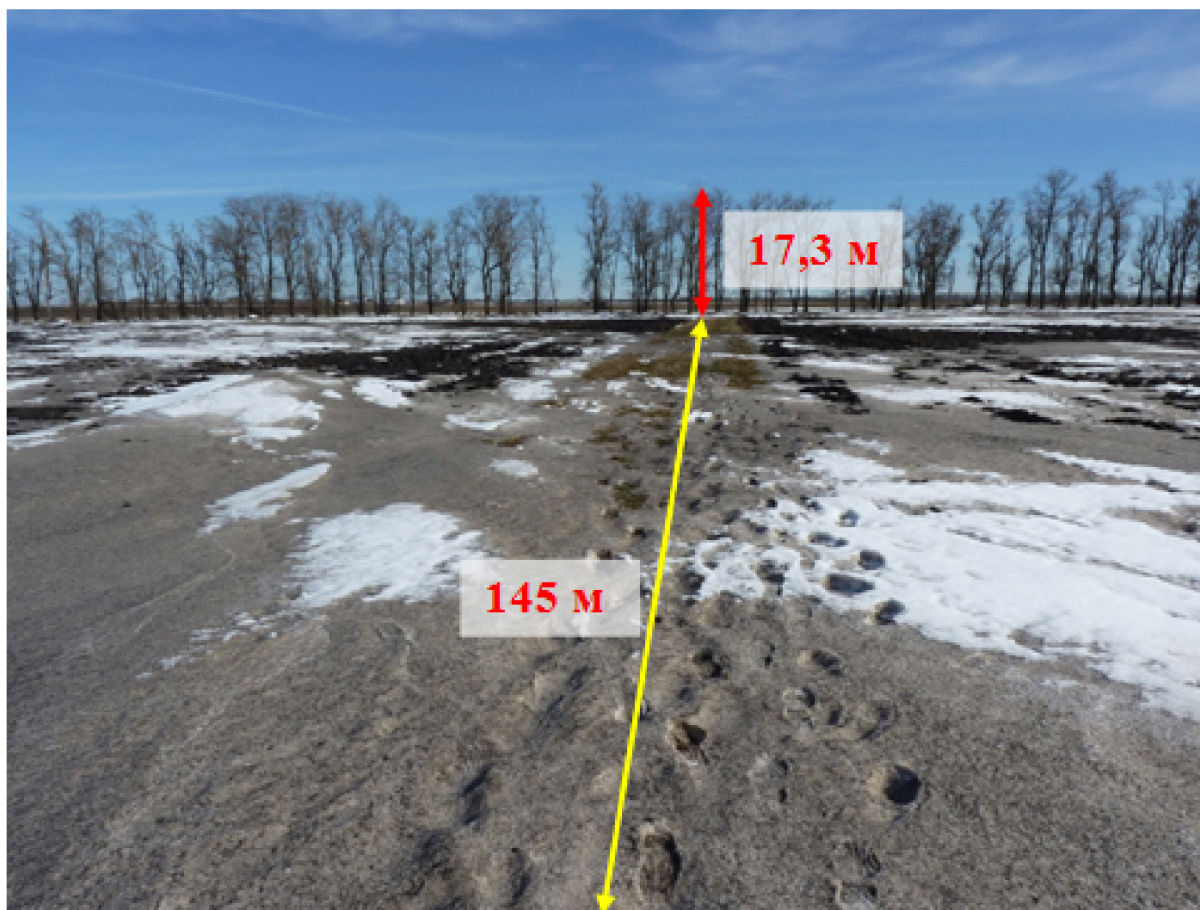


Рисунок 1. Измерение расстояния с использованием информационных технологий

Для примера определения расстояния эффективного снегозадержания была взята продуваемая 4-х рядная лесная полоса. Используя вышеописанный метод определения расстояний, было выявлено, что с подветренной стороны расстояние от лесной полосы до линии снегозадержания составляет 152 м, а с наветренной – 105 м. На основе данных показателей можно судить об эффективности данной лесной полосы в предотвращении выдувания почвы с прилегающих полей.

Все вышеизложенные выводы и результаты были сделаны на основе данных, полученных с помощью информационных технологий (фотофиксация состояния поверхности почвы, измерение проективного покрытия почвенными частицами поверхности снежного покрова, компьютерное измерение расстояния до объекта).



Рисунок 2. Линия снегонакопления на подветренной стороне лесной полосы



Рисунок 3. Линия снегонакопления с наветренной стороны лесной полосы

Таким образом, применение информационных технологий при оперативном полевом обследовании земель показало возможность фотофиксации состояния поверхности почвы, а также определения потерь почвы сразу, через несколько часов после ветровой эрозии. Также информационные технологии позволяют исследовать обширные

территории за короткий промежуток времени без потери точности результата. Основным достоинством представленных технологий в настоящий момент являются малые финансовые затраты для получения точных результатов (необходимо иметь только цифровой фотоаппарат и компьютер).

Поэтому применение информационных технологий в сельском хозяйстве, как показывают в том числе и наши исследования, является очень перспективным, получает большое развитие в последние годы (ГИС-технологии, технологии точного земледелия и т.д.) и заслуживает пристального внимания со стороны как работников сельскохозяйственной сферы, так и ученых.

### **Литература**

1. Образовательный проект "Наука о почве" [Электронный ресурс]: — Интернет-сервер. — 2009. — Режим доступа: <http://www.soil-science.ru/page-id-276.html>, свободный.
2. Топорков С. С. Трюки и эффекты в Photoshop CS3. М.: ДМК-Пресс, 2007. 328 с.