

УДК 631.485

## **РАЗВИТИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ В ЮЖНОМ ПРИУРАЛЬЕ**

© 2011 М.А. Комиссаров<sup>1</sup>, М.Р. Давлетшина<sup>2</sup>, Петер Либельт<sup>3</sup>, Р.Р. Сулейманов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт биологии Уфимского научного центра РАН, г. Уфа

<sup>2</sup>ГОУ ВПО «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа

<sup>3</sup>Университет имени Мартина Лютера, г. Галле (Германия)

Поступила 13.05.2011

В работе изучена зависимость интенсивности стока и выноса мелкозема при снеготаянии от различных природно-климатических факторов. Построены уравнения линейной и множественной регрессии, определены коэффициенты корреляции. Полученные уравнения позволяют оценить степень влияния каждого фактора на процессы водной эрозии. Определены потери почвы при весеннем снеготаянии на пашне.

**Ключевые слова:** водная эрозия, снеготаяние, сток талых вод, смыв мелкозема.

Эрозия почв – одна из наиболее важных мировых экологических проблем, ведущих к потере почвенных ресурсов. Ежегодно на планете около  $25 \cdot 10^9$  т почвы смывается в процессе водной эрозии, что приводит к выведению из оборота  $6 \cdot 10^6$  га продуктивных сельскохозяйственных земель, не подлежащих восстановлению [2]. В РФ эрозии подвержено свыше 54 млн га (26 %) сельхозугодий, 44 млн га дефляционно-опасны [8]. Плодородие почв снижается по мере увеличения степени смыва. Подсчитано, что на слабосмытых почвах недобор урожая в среднем составляет 10-20%, на среднесмытых – 40-60%, а на сильносмытых – 80% и более. Это связано с потерей гумуса и элементов питания, снижением биологической активности, ухудшением структуры и других свойств почв. Например, в Рязанской области до 667 тыс га пашни подвержены водной эрозии. Более сильно процессы эрозии протекают в центральной и южной зонах области, где наблюдается большая расчлененность территории – 0,4-0,7%, до 33% пашни находится на склонах 1,1-3,3°, около 7% на склонах от 3,3 до 5,0°. Этот фактор, а также отсутствие четко разработанных почвозащитных мероприятий для каждого участка пашни, подверженного эрозии, ведет к смыву плодородного слоя, потерям питательных веществ, гумуса, ухудшению агрофизических свойств почвы [9]. На территории Белгородской области продолжают также увеличиваться площади эродированных почв (площадь исследованных хозяйств составила 75-80 тыс га, за 30 лет площадь эродированных земель увеличилась в среднем на 7,8%), в пахотном слое снижается содержание гумуса (в темно-серых лесных почвах на 0,9%, у черноземов выщелоченных и типичных – на 0,4-0,6%, у черноземов обыкновенных – на 1%), повышается кислотность (у черноземов значения

pH изменились с 6,1-6,7 до 5,8-6,0), ухудшаются агрофизические свойства почв (разрушается агрономически ценная комковато-зернистая структура пахотного слоя, увеличивается плотность сложения с 1,05-1,10 до 1,25-1,30 г/см<sup>3</sup>) [10]. Проведенные исследования в Ростовской области показали, что под влиянием эрозии в черноземах обыкновенных карбонатных происходит уменьшение содержания водопрочных агрегатов и ухудшение структурного состояния, что сопровождается потерей агрономически ценных фракций и снижением урожайности сельскохозяйственных культур [5].

Овражная эрозия изменяет размеры полей, сокращает площади сельскохозяйственных угодий. Только в черноземной зоне России ежегодно овраги уничтожают до 70-80 га земли [6].

Главной причиной ускоренной водной эрозии является нерациональная хозяйственная деятельность человека. К природным факторам водной эрозии относятся: климат, рельеф, свойства почв и почвообразующих пород, растительный покров. К ведущим климатическим факторам эрозии относятся количество осадков, их интенсивность и продолжительность, параметры стока талых вод. Эрозия при снеготаянии в значительной степени определяется запасами воды в снеге. Они увеличиваются с продвижением на север и на восток. Запасы воды в снеге Московской обл. примерно 100 мм, на Урале 150-160, на Кубани – только 10-15 мм. Интенсивность эрозии при снеготаянии нарастает с юга на север и с запада на восток [2]. В лесостепной части центрального Черноземья высота снежного покрова и аккумулируемые в нем влаготопы, размещение полевых защитных лесополос, канав и валов-террас определяют основные закономерности пространственного варьирования эрозии: от максимального на контрольном водосборе (без защитных мер) до экологического минимума на водосборе с полным комплексом противоэрозионных мероприятий. В среднем по контрольному водосбору смыв почвы составил 6,6

Комиссаров Михаил Александрович, e-mail: mikhail\_vip@yandex.ru; Давлетшина Миляуша Рафаэлевна, канд. с.-х. наук, e-mail: davletshina@yandex.ru; Петер Либельт, e-mail: peter.liebelt@geo.uni-halle.de; Сулейманов Руслан Римович, докт. биол. наук, e-mail: soils@mail.ru.

т/га. На контрольном варианте с преобладанием склонов западной экспозиции 2-3° и при средней высоте снежного покрова 25 см – 5,2 т/га [7].

Рельеф определяет интенсивность поверхностного стока. Экспозиция склона влияет на увлажненность, накопление снега и интенсивность снеготаяния, а через эти факторы – на интенсивность смыва. Как правило, на склонах южной и западной экспозиции интенсивность смыва выше, чем на северных и восточных склонах. Систематизация и анализ результатов многочисленных определений содержания гумуса свидетельствует о достоверном пропорциональном его уменьшении в зависимости от степени смывости почв. Как свидетельствуют материалы обследования, в слабосмытых почвах всех разновидностей за 18 лет исследований содержание органического вещества снизилось на 10-20%, в средне- и сильносмытых – на 21,2-37,9% и 50,1-63,1% [4].

Свойства почв и почвообразующих пород влияют на формирование стока, поскольку от них зависит водопроницаемость и впитывание дождевой и талой воды. Поверхностный сток проявляется только в том случае, если интенсивность дождя превышает интенсивность впитывания и фильтрации. Водопроницаемость почв зависит от структурного состояния, гранулометрического состава и влажности. Песчаные почвы, почвы с хорошей водопрочной структурой и сухие лучше впитывают влагу, чем глинистые, бесструктурные и влажные. В условиях сформировавшегося поверхностного стока степень проявления эрозии зависит от способности почв противостоять смыву [2].

Растительный покров выполняет почвозащитную роль. Эффективность растений, в первую очередь, зависит от степени проективного покрытия и мочковатости корневых систем. В соответствии с этим пропашные культуры почти не снижают проявление эрозии. Зернобобовые снижают ее в 1,2 раза; зерновые – в 1,3; бобовые – в 1,7; злаково-бобовая смесь – в 2,2; луговые травы – в 3 [6].

Площадь эродированных сельскохозяйственных угодий в РБ составляет 4,7 млн га (64% угодий всех категорий земель), еще 1,4 млн га являются эрозионно-опасными. Наиболее распространена водная эрозия, ей подвержено 3,4 млн га сельхозугодий. Особенно она проявляется на пашне – 2,6 млн. га, что составляет 55% всех пахотных земель республики. В среднем по республике потенциально возможный смыв почвы составляет 9,6 т/га в год или 45,5 млн. т мелкозема со всей площади пашни [11]. Смыв весенними талыми водами с зяби на склоновых землях на серых лесных почвах составляет от 11 до 121 т/га, на черноземах выщелоченных – от 0 до 88 т/га,

типичных – до 134 т/га, карбонатных – от 11 до 388 т/га [3]. Смыв почвы начинается уже при уклоне поверхности пашни 1 градус и более. В республике на склонах крутизной 1-3° расположена наибольшая доля пашни – 42% [1].

Целью исследований явилось определение количества смываемого мелкозема с талыми водами на водосборах с малыми уклонами в период снеготаяния, проведение математического описания формирования стока талых вод и выноса мелкозема в зависимости от различных природно-климатических факторов.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на черноземе выщелоченном в 2009-2010 гг. на водосборах естественных потяжин Уфимском р-не РБ (Южная лесостепь). В период устойчивого снежного покрова проводили наблюдения за высотой и плотностью снежного покрова. Высоту снежного покрова измеряли при помощи переносной снегомерной рейки через каждые 20 м. Определение плотности снега проводили снегомером-плотномером через каждые 200 м. Глубину промерзания почвы определяли при помощи мерзлотомера Данилина. Наблюдения за расходом воды в нижних частях склона на водосборах естественных потяжин проводили с использованием водосливов Томсона. Замеры расходов воды и отбор проб твердого стока проводили одновременно в течение суток, от начала и до конца снеготаяния.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования по изучению процессов водной эрозии проводились в 2009 и 2010 гг., относящихся к малоснежным. Запасы воды в снеге в 2009 и в 2010 гг. (68 и 105 мм, соответственно) были наименьшими за 10 лет, при среднемноголетнем значении 163 мм.

На распаханном склоне южной экспозиции сформирован чернозем выщелоченный, слабоэродированный. Почвы характеризуются тяжелым механическим составом, который классифицируется как легкоглинистый, обладают отличным агрегатным состоянием (коэффициент структурности – 1,6) и высокой водопрочностью структурных агрегатов, удовлетворительной для пахотного слоя порозностью (52,54%) и высоким содержанием гумуса в верхних горизонтах (8,73%).

Площадь водосбора в 2009 г. составила 0,45 га, уклон 35‰, в 2010 г. – 0,19 га и 41‰. В 2009 г. максимальные запасы воды в снеге на водосборе отмечены 25.03 (68 мм), при высоте снежного покрова 31 см и плотности снега 0,22 г/см<sup>3</sup>. Сток на потяжине начался 01.04 (рис. 1).

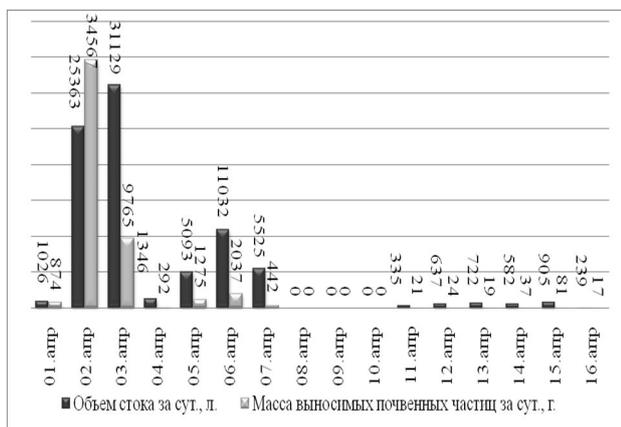


Рис. 1. Распределения жидкого и твердого стока в период снеготаяния на Водосборе № 1-2009, апрель 2009 г.

Максимальный расход талых вод отмечался 02.04 в 18.00 (0,89 л/сек), при этом вынос мелкозема составил 0,54 г/л. Максимальный вынос мелкозема был 02.04 в 11.00 и в 15.40 (2,14 г/л). Отсутствие стока на потяжине (08-10.04) наблюдалось при более низких среднесуточных температурах воздуха. Со сходом 16.04 снежного покрова прекратился и поверхностный сток. За время снеготаяния почва оттаяла на 19 см. Вынос почвы за весь период стока составил 49,9 кг или 110 кг/га при объеме поверхностного стока 84 м<sup>3</sup>. Содержание гумуса в твердом стоке составило 8,2%, т.е. за период снеготаяния потеряно 9,02 кг гумуса/га.

В результате проведенного статистического анализа данных наблюдений за 2009-2010 гг. по потяжине получены зависимости расхода воды от отдельных факторов: 1) от глубины оттаивания почвы:  $Q=1,4-0,06h$ ; 2) от интенсивности снеготаяния:  $Q= 0,23+0,096p$ ; 3) от среднесуточной температуры воздуха:  $Q= 0,38+0,17t$ . Из этих уравнений можно определить критические значения соответствующих величин, при которых начинается поверхностный сток.

Зависимость расхода воды от сочетания всех изученных факторов описывается уравнением линейной регрессии:  $Q=0,6-0,06h+0,07p+0,12t$ ; где  $Q$  – расход воды, л/с;  $h$  – глубина оттаивания почвы, см;  $p$  – интенсивность снеготаяния, мм/сут;  $t$  – среднесуточная температура, °С. Все перечисленные факторы являются статистически значимыми, при этом наибольшее влияние на интенсивность стока оказывает среднесуточная температура ( $\beta=0,12$ ). При изменении глубины оттаивания почвы на 1 см, интенсивности снеготаяния на 1 мм/сут и среднесуточной температуры на 1°С расход воды на потяжине изменяется на 0,13 л/с. Вышеуказанные закономерности справедливы и для выноса мелкозема  $G$  и описываются уравнением:  $G=0,32-0,025h+0,017p+0,054t$ . Корреляционный анализ

показал высокую степень корреляции между расходом воды и выносом мелкозема ( $R=0,96$ ).

В 2010 г. максимум снегозапасов перед снеготаянием на пашне отмечен 31.03 (105 мм). Начало стока на водосборе №2-2010 (пашня) зарегистрировано вечером 06.04, его окончание утром 13.04. Максимальный расход талых вод составил 0,73 л/сек (09.04. в 18.30), вынос мелкозема в это время составил 0,084 г/л. Наибольший вынос мелкозема наблюдался 10.04. в 15.30 (5,66 г/л). В это время зарегистрирован второй по величине максимальный расход (0,65 л/сек). Основная масса мелкозема (90%) была смыта с пашни 10.04 и 11.04 (рис. 2).

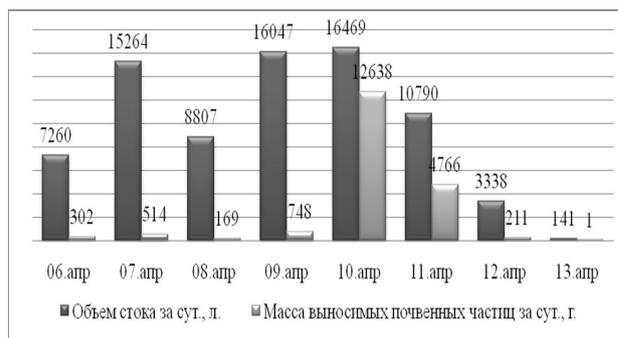


Рис. 2. Распределения жидкого и твердого стока в период снеготаяния на водосборе № 2-2010, апрель 2010 г.

Это связано, на наш взгляд, в первую очередь с оттаиванием верхнего слоя почвы от 5 до 13 см, а также достаточно высокими объемами стока в этот период. Вынос почвы с пашни (0,19 га) за весь период стока составил 19,3 кг или 104 кг/га при объеме поверхностного стока 78 м<sup>3</sup>. Содержание гумуса в твердом стоке в среднем составило 7,5 %, т.е. за период снеготаяния потеряно 7,8 кг гумуса/га. Количество гумуса в мелкоземе было различно, максимальное содержание отмечено 11.04 (8,7%), минимальное – 09.04 (6,5%) и 10.04 и 12.04 (7,4%).

## ВЫВОДЫ

1. Анализ зависимости величины стока от природно-климатических и антропогенных факторов, показал, что в большей степени интенсивность стока зависит от среднесуточной температуры.

2. На водосборах с малыми уклонами (до 2°) на распаханном черноземе, выщелоченном, в период снеготаяния с 1 м<sup>3</sup> талой воды, выносятся 0,25-0,59 кг мелкозема, а каждый гектар земли теряет около 100 кг плодородной почвы.

3. Вынос мелкозема прямо пропорционален расходу талых вод и скорости оттаивания верхнего слоя почвы.

4. Запас воды в снежном покрове и слой стока не являются определяющими факторами смыва почвы весенними талыми водами. Так, запас воды в

снеге в 2009 г. составлял 68 мм, а слой стока 19 мм; в 2010 г. 105 мм и 41 мм соответственно. В то же время, величина твердого стока была практически одинаковой – 110 кг/га в 2009 г. и 104 кг/га в 2010 г. На наш взгляд, одним из факторов водной эрозии является степень мерзлотной цементации верхнего слоя почвы и скорость его оттаивания в процессе снеготаяния и поверхностного стока.

*Работа выполнена при поддержке Фонда Фольксваген «Development of land use, soil degradation and their consequences for the forest steppe zone of Bashkortostan» (Program: I / 81581; Project: 60601171).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдрахманов Р.Ф., Батанов Б.Н., Габбасова И.М. и др.* Водно-балансовая станция. Уфа: Изд. БГАУ, 2002. 82 с.
2. *Ганжара Н.Ф.* Почвоведение. М.: Агроконсалт, 2001. 392 с.
3. *Гареев А.М., Хабибуллин И.Л.* Естественные антропогенные факторы активизации развития эрозионных процессов. Уфа: Изд. БашГУ, 2010. 124 с.
4. *Зенина Н.Н.* Влияние эрозионно-аккумулятивных процессов на степень трансформации обыкновенных черноземов Оренбургского Предуралья // IV съезд Докучаевского об-ва почвоведов: Материалы. Кн. 2. Новосибирск: Наука-Центр, 2004. С. 518.
5. *Золотарев А.П., Шерстнев А.К.* Влияние смывости на структурное состояние чернозема обыкновенного карбонатного // V Всерос. съезд почвоведов им. В.В. Докучаева: Материалы. Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2008. С. 7.
6. *Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.* Эрозия и охрана почв. М.: Изд. МГУ, 1996. 335 с.
7. *Мальхин А.В., Зарудная Т.Я., Здорозов И.П.* Детальное варьирование снежного влагозапаса и смыва почв на склонах с типичными и выщелоченными черноземами // IV съезд Докучаевского об-ва почвоведов: Материалы. Кн. 2. Новосибирск: Наука-Центр, 2004. С. 418.
8. Мероприятия по охране почв от эрозии. М., 2010. 71 с.
9. *Пестряков А.М.* Пути сохранения и повышения плодородия тяжелосуглинистых почв в условиях южной части Нечерноземной зоны // Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России: Материалы междунар. научн. конф. СПб.: Изд. СПбГУ, 2001. С. 225-227.
10. *Соловиченко В.Д.* Деграционные процессы почв Белгородской области // Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России: Материалы междунар. научн. конф. СПб.: Изд. СПбГУ, 2001. С. 240-242.
11. *Хазиев Ф.Х., Кольцова Г.А., Рамазанов Р.Я. и др.* Почвы Башкортостана. Т. 2. Уфа: Гилем, 1997. 328 с.

#### DEVELOPMENT OF EROSION PROCESSES ON LEACHED CHERNOZEM IN THE SOUTHERN URALS

© 2011 M.A. Komissarov<sup>1</sup>, M.R. Davletshina<sup>2</sup>, Peter Liebelt<sup>3</sup>, R.R. Suleymanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biology, Ufa Sci. Centre of RAS, Ufa

<sup>2</sup>Bashkir State Agrarian University, Ufa

<sup>3</sup>Martin Luther University, Halle-Wittenberg

Dependence of intensity of a drain at snow melting and carrying out earthly matter from various climatic factors is investigated in this work. Equations of linear and multiple regression are constructed, correlation coefficients are determined. Received equations allow to estimate degree of influence of everyone factor on processes of water erosion. Determined by the soil loss during the spring snowmelt in the arable land.

**Key words:** water erosion, snowmelt, meltwater runoff, silt runoff.

---

*Komissarov Michael Alexandrovich*, e-mail: mixa-vip@yandex.ru, *Davletshina Milyusha Rafaelovna*, Candidate of Agriculture, e-mail: davletshina@yandex.ru; *Peter Liebelt*, e-mail: peter.liebelt@geo.uni-halle.de; *Suleymanov Ruslan Rimovich*, Doctor of Biology, e-mail: soils@mail.ru