НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
РУССКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
ДЕПАРТАМЕНТ НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
АДМИНИСТРАЦИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

**Природопользование и охрана природы:
Охрана памятников природы,
биологического и ландшафтного
разнообразия Томского Приобья
и других регионов России**

**Материалы IX Всероссийской с международным участием
научно-практической конференции**

Томск, 21–23 апреля 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

ЭРОЗИЯ ПОЧВ ТАЛЫМИ ВОДАМИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ БАСАНДАЙКА SOIL EROSION BY MELTWATER IN THE BASIN OF BASANDAYKA RIVER

А.И. Петров, Е.А. Кириченко

A.I. Petrov, E.A. Kirichenko

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск
petrov.anatoliy1945@mail.ru, ekirichenko1805@gmail.com*

В работе по данным ежегодных полевых измерений с 1988 по 2019 г. в бассейне р. Басандайка приведена оценка параметров кривых распределения вероятностей ежегодного превышения модулей смыва почв талыми водами, а также значения смыва почв. Среднемноголетние значения модуля смыва почв колеблются в диапазоне от 4,0 до 9,4 м³/га, C_v (коэффициент вариации) составляет 0,75–1,0, а соотношение C_s/C_v находится в пределах от 2,0 до 5,0.

Based on data from annual field measurement from 1988 to 2019 in the Basandaika river basin, estimation of the parameters of the probability distribution curves for annual excess of the module of soil erosion by meltwater, the values of soil erosion. The long-term range of values of the module of soil erosion range from 4,0 to 9,4 m³/ha, the C_v (coefficient of variation) is 0,75–1,0, the C_s/C_v is between 2,0 and 5,0.

Ключевые слова: пашня, интенсивность водной эрозии, снежный покров, сток талых вод.

Keywords: arable land, intensity of water erosion, snow cover, snowmelt run-off.

Водная эрозия почв – одна из главнейших экологических и экономических проблем, которые реально определяют национальную безопасность многих стран мира. Актуальна данная проблема и для территории России, где водной эрозии почв подвержено 39,3 млн. га (18,8 %) сельскохозяйственных угодий. На эродированных землях из-за смыва верхнего, наиболее плодородного слоя почвы, выноса гумуса и питательных веществ, ухудшения физических свойств почвы уменьшается урожайность сельскохозяйственных культур. Ущерб от эрозии достигает 10 % дохода, произведенного сельским хозяйством [1–2].

В Западной Сибири изучение эрозионных процессов началось в 60-е гг. XX в. в зонах степи и лесостепи А.Д. Орловым, А.Н. Каштановым, В.Е. Мусохрановым, А.А. Танасиенко, В.П. Герасименко и др. На пахотных землях зоны подтайги юго-востока Западно-Сибирской равнины эрозионные процессы изучены слабо.

Цель данной работы – анализ материалов наблюдений за эрозионной работой талых вод в агроландшафтах зоны мелколиственных лесов юго-востока Западно-Сибирской равнины. Наблюдения за процессом водной эрозии проводились и проводятся ежегодно во время формирования и хода склонового талого стока сотрудниками кафедр географии и гидрологии Томского государственного университета, начиная с 1988 г., на пашне близ с. Лучаново, что в 20 км к юго-востоку от г. Томска (рис. 1).

31-летние наблюдения за эрозией почв в агроландшафтах Томь-Яйского междуречья показали, что на пашне ежегодно развивается эрозия почв от стока талых снеговых вод. Интенсивность процесса зависит от ряда причин: запасов воды в снежном покрове, продолжительности и интенсивности снеготаяния, микрорельефа, крутизны склонов, состояния агрофона (зябь, стерня и т.д.), глубины оттайки почв, длины и формы склона и др. Смыв почв со склонов микробассейнов (ложбина, промоина), на прямых участках склонов в зависимости от вышеперечисленных факторов изменялся по годам от 0,5–1,0 до 50–80 м³/га. Смыв почв определялся замером объема струйчатых размывов, частота замеров в зависимости от формы размыва изменялась от 1–2 до 10 м, кроме того, применялся почвенно-геоморфологический метод.

Рис. 1. Схема расположения ключевого участка «Лучаново»

Площадь участка, на которой производились исследования, составляет около 100 га, из которых 56 га – пашня, расположенная на склонах разной экспозиции и крутизны (рис. 2). Наибольшая доля пашни приходится на склоны южной экспозиции. По форме преобладают прямые, выпуклые склоны, осложненные понижениями глубиной до 0,5–1,0 м, ложбинами (до 2–3 м), а также суффозионно-просадочными депрессиями глубиной от 0,3–0,5 до 3–5 м. В результате на склонах пашни формируются микробассейны.

Рис. 2. Схема размещения ключевых участков в районе с. Лучаново

Ежегодно в бассейне р. Басандайка формируется устойчивый снежный покров (СП). Толщина снежного покрова значительно изменяется по территории в зависимости от микрорельефа пашни и метелевого переноса.

Для различных урочищ по данным материалов наблюдений за период с 1988 по 2019 г. определены среднеголетние и обеспеченные значения толщины и запаса воды в снежном

покрове. Значения запаса воды в СП заданной обеспеченности (табл. 1) использовались для прогностической оценки потенциального смыва почвы повторяемостью один раз в 100, 50, 25 и 2 года.

Таблица 1

Значения снегозапаса, определенного по материалам наблюдений на ключевом участке Лучаново за период с 1988 по 2019 г.

Ключевые участки – урочища	S _{ср.} , мм	C _v	Значения снегозапаса заданной обеспеченности						
			0,5%	1%	5%	10%	20%	25%	50%
Поле (пашня), юж. Склон	142	0,27	267	250	210	187	170	165	138
Поле (пашня), сев. Склон	153	0,31	300	285	242	217	193	182	148
Ложбина (пашня), юж. Склон	104	0,31	204	193	164	148	131	124	101

Примечание. S_{ср.} – запас воды в снежном покрове, мм; C_v – коэффициент изменчивости ряда запаса воды в снежном покрове.

Запасы воды в снежном покрове по годам колеблются от 61 до 220 мм, составляя в среднем 133 мм. Объем смыва почв талыми снеговыми водами контролируется экспозицией склона, его крутизной и формой, запасами воды в снежном покрове, интенсивностью снеготаяния, глубиной оттайки почв. Снеготаяние на склонах южной экспозиции происходит раньше, чем на северных, и длится 10–15 дней, но в отдельные годы продолжается 5–7 дней (2012 г.), а на северных склонах достигает 56 дней (2002 г.), составляя в среднем 30–32 дня. Интенсивность снеготаяния, рассчитанная по методу температурных коэффициентов изменяется от 5,4–8,0 до 55–88,6 мм/сут. Смыв почв наиболее интенсивно протекает в годы с коротким периодом снеготаяния по зяби и оказывается значительным даже в годы с относительно небольшими запасами влаги в снежном покрове.

Д.А. Бураковым, Е.Э. Марковой разработана региональная методика расчета смыва почв талыми и дождевыми водами для территории Красноярского края и сопредельных территорий зон степи и лесостепи, в основе которой лежит следующая формула [3]:

$$Э_t = K_t \cdot \Pi \cdot \Pi_0 \cdot P \cdot F, \quad (1)$$

где $K_t = S \cdot a_c$ – эрозионный потенциал талых вод; Π – смываемость почв (т/га в год на единицу эрозионного потенциала талых вод) для стандартной почвы (выщелоченный чернозем, сильно эродированный, развитый на лессах и лессовидных суглинках); Π_0 – коэффициент относительной смываемости почвы в зависимости от типа почв, механического состава и степени смываемости; P – эрозионный потенциал рельефа; F – коэффициент, учитывающий влияние формы склона; $Э_t$ – потенциальный смыв почвы т/га.

В нашей работе по формуле (1) был произведен расчет потенциального смыва почв снеговыми талыми водами весной 2012 г. (один из самых малоснежных годов за 31-летний период наблюдений).

Площадь водосбора ложбины около 5 га, длина склона 300 м, крутизна склонов на правобережье от 1–3 до 4–6°. Агрофон: правобережье, верховье и низовья бассейна – зябь; левобережье – густая дернина трав, склоны близки по форме к прямым. Глубина оттайки почв до 35 см. Интенсивность снеготаяния в среднем 5–8 мм/ч. Потенциальный смыв почвы с полевого водосбора в районе Лучаново за 2012 г. составил 4,1 м³/га.

Результаты обмера струйчатых размывов в ложбине следующие: смыв почвы по зяби с контурным боронованием составил на правобережье ложбины 7–8 м³/га, а на левобережье с неоднородным агрофоном (травы, зябь) в среднем 3–5 м³/га. На краю поля в устье ложбины образовался конус выноса по форме близкий к треугольной, причем большая его часть

терялась в густой прошлогодней траве. Мощность делювия в конусе выноса изменялась от первых миллиметров до 5–7 см.

Таким образом, результаты расчета и обмера водоросли оказались одного порядка. Натурные наблюдения показывают, что смыв почв на склонах пашни за годы наблюдений весьма изменчив. Средний многолетний смыв почв в водосборе ложбины для отрезков склона разной длины и крутизны изменяется от 0,84 до 16,0 т/га.

Кроме того (табл. 2) авторами приведены оценки параметров кривых распределений вероятностей ежегодного превышения модулей смыва почв талыми снеговыми водами, рассчитанные по материалам наблюдений за 31-летний период на ключевом участке «Лучаново». Среднемноголетние значения модуля смыва почв ($q_{\text{ср}}$) колеблются в диапазоне – от 4,0 до 9,4 м³/га, коэффициент изменчивости (C_v) составляет (0,75–1,0), соотношение коэффициентов асимметрии и вариации (C_s/C_v) находится в пределах от 2,0 до 5,0, относительные средние квадратические ошибки оценок параметров кривых распределений $\delta q_{\text{ср}}$ и δC_v не превышают 20%.

Таблица 2

Оценки параметров кривых распределений вероятностей ежегодного превышения модуля смыва почв, определенные по материалам наблюдений за период с 1988 по 2019 г.

Ключевые участки – урочища	Период набл., лет	$q_{\text{ср}}$, м ³ /га	$\delta q_{\text{ср}}$, %	C_v	δC_v , %	C_s/C_v	$r_{(1)}$
Поле (пашня), склон юж. Экспозиции	31	9,4	12,5	0,75	15,9	3,5	0,12
Поле (пашня) между кедровым лесом и лесополосой, склон юж. Экспозиции	31	8,4	16,5	0,96	17,4	2,0	0,23
Поле (пашня), склон сев. Экспозиции	31	4,0	18,3	1,0	18,3	5,0	–0,15

В табл. 3 приведены значения модулей смыва почв талыми снеговыми водами ежегодной вероятности превышения. Модули смыва почв заданной обеспеченности определены по аналитическим кривым трехпараметрического гамма-распределения Крицкого-Менкеля. Модули смыва почв для разных ключевых участков, превышающие значения один раз в $n = 100$ лет, составляют 19,9–41,6 м³/га.

Сопоставление расчетных данных потенциального смыва почв и данных обмера струйчатых размывов показывает, что они достаточно близки и имеют один порядок. Расхождения в данных, на наш взгляд, зависят от неучета микрорельефа склона, наличия куртин или полос многолетних трав, стерни, формы и крутизны склона на разных его участках, наличия сугробов вдоль лесополос. Так, в 2012 г. на соседнем участке поля вблизи лесополосы смыв в промоине после таяния снега, накопленного за зиму в сугробе, составил до 56 м³/га по зяби, крутизна склона на этом участке равна в верхней части 7–11 %.

Таблица 3

Оценки параметров распределения вероятностей ежегодного превышения и обеспеченные значения модулей смыва почв, определённые по материалам наблюдений за период с 1988 по 2019 г.

Ключевые участки – урочища	$q_{\text{ср}}$, м ³ /га	Модули смыва почв принятой обеспеченности						
		0,1%	1%	5%	25%	50%	75%	95%
Поле (пашня), склон юж. Экспозиции	9,4	8,9	41,6	26,4	13,8	8,8	5,6	3,0
Поле (пашня) между кедровым лесом и лесополосой, склон юж. Экспозиции	8,4	43,6	29,0	19,1	9,1	4,7	2,1	0,40
Поле (пашня), склон сев. Экспозиции	4,0	39,6	19,9	10,9	4,9	2,9	1,7	1,1

31-летние полевые наблюдения на склонах северной и южной экспозиции показали, что смыв почв неравномерен по годам и зависит от совокупности процессов – состояния агрофона, наличия сугробов, крутизны склонов при прочих равных условиях.

Наименьший склоновый смыв почв наблюдается по многолетним травам, стерне, глубокой поперечной вспашке, наибольший – по зяби в годы интенсивного снеготаяния. Из всех факторов, влияющих на интенсивность смыва, наиболее важным является состояние агрофона: если он представлен стерней, многолетними травами, глубокой поперек склона вспашкой, то смыв с пашни слабый или умеренный в зависимости от интенсивности снеготаяния.

Рассматриваемая региональная методика расчета потенциального смыва за счет стока талых вод в достаточно полной мере адаптирована к местным факторам эрозии, так как она учитывает запас воды в снежном покрове, особенности почвенного покрова, уклоны и формы склонов. Результаты расчетов по региональной методике показывают, что они отражают преимущественно среднемноголетний объем смыва почв, так как агрофон не учитывается, и более точны для склонов прямой, выпукло-прямой форм, а агрофон представлен зябью с ложбинами и депрессиями.

31-летние полевые исследования показывают, что, видимо, ни один из известных методов исследования эрозии почв не лишен недостатков, и они требуют усовершенствований, поскольку смыв почв с пашни неравномерен в пространстве вследствие смены микрорельефа, уклонов, наличия стерни, всходов озимых, клевера и т.д.

Мы поддерживаем мнение И.Е. Егорова, что признавая важность моделирования и проведения различных экспериментов, необходимо все же признать, что «основные количественные данные о темпах эрозии той или иной территории должны быть получены в реальных полевых условиях» [4]. Поэтому данные, полученные в ходе полевых исследований (таблица 2-3), являются основой для представлений об интенсивности проявления эрозии и аккумуляции почв в агроландшафтах, которая может быть скорректирована с результатами, полученными другими методами.

Литература

1. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения / под ред. А.А. Светличного. Белгород : Константа, 2012. 456 с.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году». URL: <http://www.тиг.ru/part/?pid=1032>.
3. Бураков Д.А., Маркова Е.Э. Эрозия почв : учеб. пособие. Красноярск : Красноярский гос. аграр. ун-т, 2009. 160 с.
4. Егоров И.Е. Полевые методы изучения почвенной эрозии // Вестник Удмурт. ун-та. Биология. Науки о Земле. 2009. Вып. 1. С. 157–169.
5. Кнауэр Р.В., Евсеева Н.С., Петров А.И., Краснощеков С.Ю. Рельеф как фактор развития водной эрозии почв // Вестник Том. гос. ун-та. 2003. № 3 (IV). С. 58–60.
6. Методические указания по проектированию противозерозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии. М. : ГосНИИ земельных ресурсов, 1989. 80 с.
7. Путь в XXI век (стратегические проблемы и перспективы российской экономики) / под ред. Д.С. Львова. М. : Экономика, 1999. 793 с.