



УДК 551.435.16

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.51>

Факторы развития и интенсивность ливневой эрозии на пашне Томь-Яйского междуречья

Н. С. Евсеева, З. Н. Квасникова, М. А. Каширо, А. С. Батманова

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

Аннотация. Эрозия почв, в том числе ливневая, относится к одному из главных процессов миграции вещества, обуславливающему деградацию почвенного покрова. До настоящего времени выраженность ливневой эрозии почв на пашне юго-востока зоны подтайги Западно-Сибирской равнины практически не изучена. В данной работе рассмотрены факторы ее развития и интенсивность проявления на примере юго-востока Томской области в пределах Томь-Яйского междуречья. Нами выявлено, что исследуемая территория относится к районам сильных ливней: здесь за сутки может выпасть 50–100 мм осадков, а интенсивность ливней достигает 3,01–5,0 мм/мин. Количество дней с ливнями на Томь-Яйском междуречье существенно изменяется по годам – от 38 до 91.

Авторами проведены полевые наблюдения за результатами воздействия ливней разной продолжительности и интенсивности на пашне с разными агрофоном, длиной и крутизной склонов. Установлено, что интенсивность ливневой эрозии изменяется в зависимости от количества осадков за ливень, их продолжительности, состояния агрофона и рельефа от первых долей кубического метра до 100 м³/га. Ливни на территории Томь-Яйского междуречья способны вызвать эрозию почв в агроландшафтах от слабой до очень сильной. Скорость денудации поверхности пашни ливневыми осадками варьирует от 0,07 до 10 мм/год.

Ключевые слова: ливни, эрозия, пашня, подтайга, Западно-Сибирская равнина.

Для цитирования: Евсеева Н. С., Квасникова З. Н., Каширо М. А., Батманова А. С. Факторы развития и интенсивность ливневой эрозии на пашне Томь-Яйского междуречья // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 23. С. 51–63. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.51>

Введение

Эрозия на земном шаре – один из ведущих процессов рельефообразования, она порождается текучими водами, создающими на поверхности Земли разнообразные формы рельефа – речные долины, овраги. Среди водных потоков наиболее распространены склоновые, часто не образующие постоянных русловых форм. На склонах со сплошным растительным покровом они производят весьма слабый смыв и размыв рыхлого материала, обычно это первые десятки килограммов с гектара. В агроландшафтах делювиальный процесс – смыв почв талыми и дождевыми водами – одна из главных форм миграции вещества, приводящая к деградации почвенного покрова. В настоящее время в зависимости от происхождения вод, производящих разрушение почвы, эрозия делится на эрозию от стока талых снеговых вод, дождевую (ливневую), поливную (ирригационную).

Изучению эрозии почв в нашей стране, особенно в ее европейской части, посвящены работы многих исследователей – В. В. Докучаева, А. С. Козьменко, С. С. Соболева, С. И. Сильвестрова, Д. Л. Арманда, Ц. Е. Мирцхулавы, Г. И. Швевса, Г. П. Сурмача, М. Н. Заславского, М. С. Кузнецова, Г. А. Ларионова, Л. Ф. Литвина, В. Н. Голосова, А. Н. Геннадиева и др. В пределах зон степи и лесостепи Западно-Сибирской равнины эрозия почв стала изучаться в 60-е гг. XX в. – А. Н. Каштановым, А. Д. Орловым, А. А. Танасиенко, Р. В. Ковалевым, В. Е. Мусохрановым, А. Ф. Путилиным, Г. В. Павленко и др.

В зоне подтайги юго-востока Западно-Сибирской равнины, в частности на территории Томской области, эрозия почв в целом и особенно ливневая изучена слабо. Согласно районированию территории России по основным факторам эрозии, выполненному под руководством С. И. Сильвестрова, исследуемый регион относится к зоне возможного проявления эрозии от стока талых и дождевых вод (рис. 1). Г. С. Ананьев [1998], без указания точного места проведения работ, отмечает, что проведенные на юго-востоке Западной Сибири наблюдения показали: эрозионную опасность даже в лесной зоне представляет ливневый режим выпадения атмосферных осадков. При интенсивности ливней в 4–8 мм/мин происходит значительный смыв почв и образование эрозионных борозд. По карте эродированности почв России в пределах крайнего юга Томской области эродированность почв изменяется от 1,6–2,0 до 2,6–3,0 т/га в год.

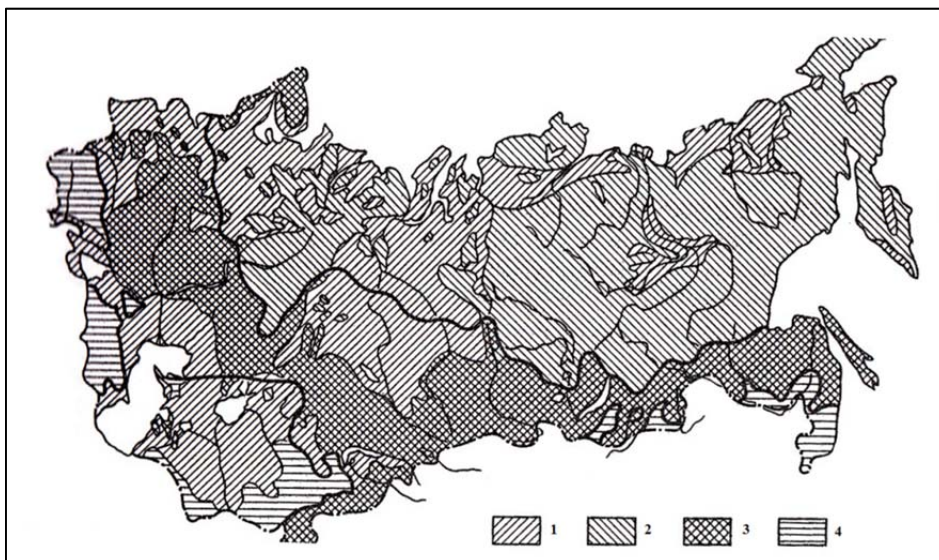


Рис. 1. Районирование территории России и ближнего зарубежья по эрозионной опасности земель (по: [Толчельников, 1990], с изменениями авторов):

1 – зоны эрозионно безопасные и весьма слабо эрозионно опасные; 2 – зоны возможного проявления эрозии от стока талых вод; 3 – зоны возможного проявления эрозии от стока талых и дождевых вод; 4 – зоны возможного проявления эрозии от стока дождевых вод

Объект и методы исследований

В течение 1985–2017 гг. сотрудниками кафедр географии, гидрологии Томского государственного университета ведутся наблюдения за развитием эрозии почв в агроландшафтах зоны подтайги в пределах правобережной части Томской области. Установлено, что ведущим эрозионным процессом в агроландшафтах является эрозия от стока талых снеговых вод или эрозия при снеготаянии. Кроме того, существенную роль играет ливневая эрозия, особенно по зяби и пропашным культурам.

Цель работы – оценка факторов развития и интенсивности проявления ливневой эрозии на примере пашни Томь-Яйского междуречья (юго-восток Томской области).

За исследуемый период проведены: анализ литературных источников по проблеме и материалов наблюдений метеорологических станций; полевые обследования пашни после дождей разной интенсивности, расчет силы ливней по формуле П. Ф. Горбачева [1937]. Кроме того, определена связь между скоростями движения наносов при смыве грунтов на обнаженном склоне и количеством ливневых осадков по зависимости, предложенной Г. С. Ананьевым [1998].

Объект исследования – Томь-Яйское междуречье в пределах Томской области площадью более 4,5 тыс. км². С поверхности междуречья с абсолютными высотами 100–270 м сложено лессовидными суглинками, супесями мощностью от 1 до 12 м – породы неводостойкие, легко размываются. Рельеф междуречья полого-увалистый, сильно расчленен реками и балками – от 0,3–0,6 до 1,5–1,8 км/км², что определяет мозаику крутизны склонов пашни от 0–1 до 7–9°, местами более. Относительные превышения в пределах пашни изменяются от долей метра до 10–30 м. В агропроизводство вовлечены в основном серые лесные почвы, их подтипы, дерново-подзолистые почвы.

Как известно, главными составляющими климатических факторов развития ливневой эрозии являются количество осадков, режим, интенсивность их выпадения. Среднегодовая сумма осадков в пределах зоны подтайги – около 600 мм. Но в отдельные годы количество осадков может сильно отличаться от среднего (на метеостанции Томск – от 361 до 865 мм). Наибольшее количество осадков (300–400 мм) выпадает в теплую часть года, но также наблюдается неравномерность их выпадения от года к году (рис. 2). Летом осадки часто выпадают в виде ливней. Над территорией Томской области выделяют очаг наиболее интенсивной ливневой деятельности, сохраняющий свое местоположение в течение теплого периода года [Толчельников, 1990]. Вследствие этого территория области относится к районам сильных ливней (рис. 3). Количество дней с ливнями на Томь-Яйском междуречье существенно изменяется по годам – от 38 до 91.

Повторяемость числа дней с ливнями по месяцам теплого периода года отражена в табл. 1. От 8 до 9 дней отмечаются с осадками больше или равными 10 мм за сутки. Значительные дожди (≥ 30 мм/сут) характеризуются большой интенсивностью, повторяемость таких осадков в теплый период года следующая: в июне – 21,8; июле – 39,1; августе – 34,8; сентябре –

4,3 %. Наибольшее число случаев с такими осадками отмечалось в 1968, 1987 гг. Особенно опасны для почвы осадки апреля, мая, июня и сентября, когда пашня не прикрыта всходами сельскохозяйственных культур либо распашана. Выпадение обильных осадков в это время приводит к смыву почв. Например, в апреле и мае 2012 г. сумма осадков превысила норму на 130–162 и 118–160 % соответственно. В июне также наблюдался ливень с количеством выпавших осадков в 20 мм (03.07.2012 г.).

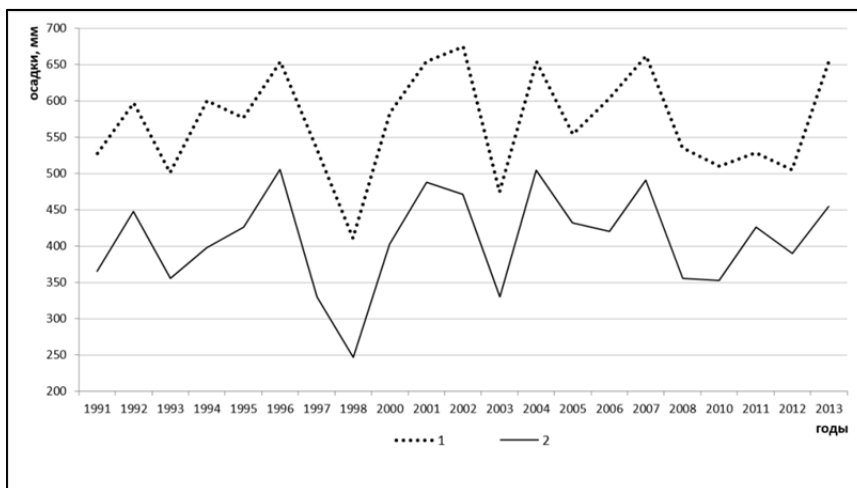


Рис. 2. Количество атмосферных осадков по метеостанции Томск:
1 – за год; 2 – за апрель – октябрь

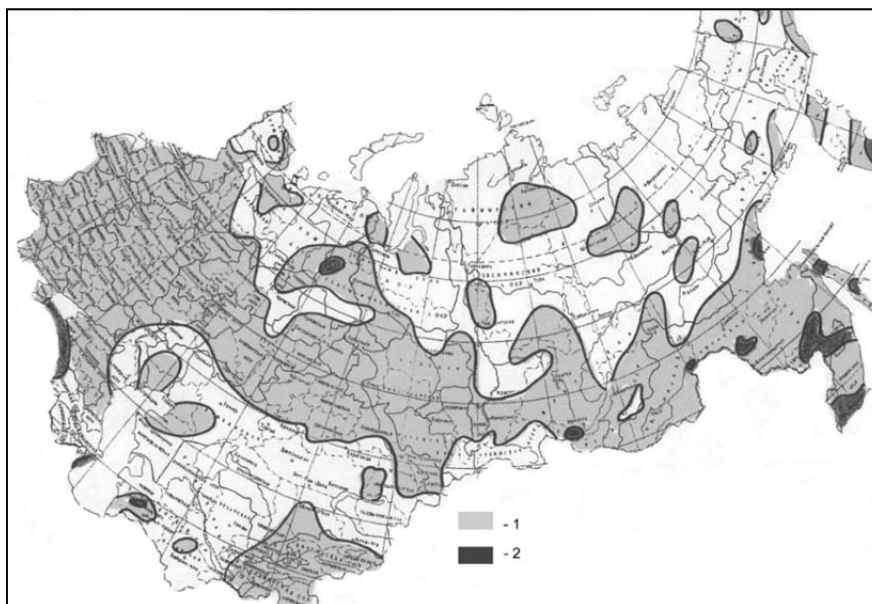


Рис. 3. Районы сильных ливней на территории России и ближнего зарубежья
[по: Грингоф, Клещенко, 2011].
Количество осадков за сутки: 1 – 50–100 мм; 2 – 100 мм и более

Таблица 1

Повторяемость числа дней с ливнями [по: Сморкалова, 1976]

Станция \ Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Томск	1,6	5,9	7,3	8,3	8,2	5,2	1,8
АМСГ Томск	3,8	6,1	7,8	5,1	7,6	9,5	3,4

На исследуемой территории за сутки может выпасть 50–100 мм осадков [Природные опасности России ... , 2001]. В течение 10 лет повторяемость таких осадков составляет 5–10 случаев. Наблюденный суточный максимум осадков на станции Томск зафиксирован 16.08.1994 – 80,5 мм (табл. 2).

Таблица 2

Результаты наблюдений ливней на территории Томь-Яйского междуречья

Дата выпадения	Количество осадков, мм	Коэффициент стока [Сластихин, 1980]	Продолжительность ливневого дождя, мин	Сила ливня*
Метеостанция Томск				
02.06.1893	76,0	> 0,8	282–534	4,52–3,3
10.08.1956	72,8	0,8	306–438	4,1–3,5
26–27.05.1978	57,2	0,8	306–438	3,4–2,5
30.06.1987	53,7	0,8	330	3,0
26.07.1988	37,8	0,6	258–438	2,3–1,8
05.08.1988	42,8	0,7	306–438	2,4–2,1
16.08.1994	80,5	> 0,8	306–438	4,6–3,8
18.09.1996	32,0	0,6	306–438	1,8–1,5
13.06.2002	50,0	0,7	10–30	15,6–9,1
10.07.2005	39,5	0,6	258–438	2,5–1,9
12–13.07.2011	47,0	0,7	258–438	2,9–2,2
03.06.2015	3,7	-	1,0	3,7
Авиаметрическая станция Томск				
19.06.1991	30,3	0,6	30–60**	5,54–3,9
21.07.1992	50,1	0,7	30–60	9,2–6,5
31.07.1992	33,0	0,6	30–60	6,0–4,3
09.09.2002	26,3	0,5	30–60	4,7–3,3

Примечания: * – расчет силы ливня произведен по средней продолжительности ливней по соответствующим месяцам: в июне – 4,7–8,9 часа; в июле – 4,3–7,3 часа; в августе – 5,1–7,3 часа; ** – продолжительность ливней на АМСГ Томск в 30–60 мин наблюдается в 50–76 % случаев.

На территории исследования средний многолетний суточный слой осадков составляет 42–44 мм, а повторяемость их в среднем – один раз в 1,5–2 года. Средняя продолжительность дождя в области колеблется от 4,7 до 8,9 часа в июне; от 4,3 до 7,3 часа в июле; от 5,1 до 7,3 часа – в августе. Средняя интенсивность дождей изменяется от 0,05 до 0,16 мм/мин.

На процесс эрозии почв большое влияние оказывает интенсивность ливней. А. Г. Сморкаловой [1976] рассчитана повторяемость максимальной интенсивности ливней (табл. 3). Продолжительность ливней высокой интенсивности чаще всего не более 1 мин (88 %). В подавляющем большинстве случаев (94 %) значительные осадки одновременно наблюдаются на одной-

двух станциях. Неравномерность распределения ливневых дождей по территории отмечают и другие исследователи ливневой эрозии – В. В. Сластихин [1980], М. Н. Заславский [1978].

В. В. Сластихин указывает на следующие важнейшие особенности ливневых дождей:

- исключительно высокую неравномерность интенсивности осадков в ходе ливня;
- наличие ливневых зон и зон слабых осадков в ходе ливня со скачкообразным переходом от одних к другим;
- существенное снижение интенсивности с увеличением продолжительности осадков.

Таблица 3

Повторяемость (%) ливней максимальной интенсивности в летний период (июнь–июль) по градациям [Сморкалова, 1976] для метеостанции Томск

Интенсивность, мм/мин				
0,11–0,5	0,51–1,0	1,01–2,0	2,01–3,0	3,01–5,0
38,4	21,7	23,3	11,6	1,7

М. Н. Заславский подчеркивает, что нередко ливни проходят узкой полосой в 1–2 км и длиной 4–5 км, иногда меньше. При этом следует учитывать, что если ливни выпадают на почву, хорошо защищенную растительностью, то опасность эрозии в этом случае небольшая, если на незащищенную, то опасность возрастает.

Степень опасности эрозии, исходя из слоя осадков и интенсивности их выпадения, оценивается разными методами. В настоящее время исследователями предложено значительное количество зависимостей для вычисления поверхностного смыва почвы. Нами использованы материалы исследований Г. А. Ларионова [1993], рассчитавшего эрозионный потенциал осадков R_{30} на территорию страны (эрозионный индекс осадков Уишмейера – Смита). Для исследуемой территории – юга Томской области – он равен 6 и сопоставим с таковыми для большей части центральных и южных районов Европейской России.

Кроме того, авторами данной работы по формуле П. Ф. Горбачева [1937] рассчитана сила ливней.

По мнению М. Н. Заславского [1978], лучше было бы заменить показатель «сила ливней» на «показатель эрозионной опасности», который связывает простой зависимостью слой осадков и время их выпадения и позволяет судить об эрозионной опасности ливней.

Вследствие недостатка на метеостанциях Томской области наблюдений на плувиографах нами для расчетов силы ливней использованы данные по продолжительности выпадения осадков (T) и слою осадков (H). Полученные преимущественно средние значения силы ливней даны в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что сила ливней на исследуемой территории изменяется от < 1,5 до 15,6. Согласно П. Ф. Горбачеву [1937], эрозионные последствия следующие: при $S = 1,1–3,0$ – слабый смыв почв; при $S = 3,1–5,0$ –

умеренный смыв; при $S = 5,1-7,0$ – сильный смыв и размыв; при $S = 7,1-9,0$ и более – очень сильный смыв и размыв грунтов. Данные табл. 2 свидетельствуют о том, что ливни на территории Томь-Яйского междуречья способны вызвать эрозию почв в агроландшафтах от слабой до очень сильной.

В работе также предпринята попытка определить связь между скоростями движения наносов при смыве грунтов на обнаженном склоне и количеством ливневых осадков, согласно эмпирической зависимости, предложенной Г. С. Ананьевым [1998]:

$$V_s = 6,3 \cdot 10^{-5} \cdot r^{2,5},$$

где V_s – скорость движения наносов, см³/см; r – количество ливневых осадков, мм.

Результаты и их обсуждение

При изучении поверхностно-склоновой ливневой эрозии выделяют капельную эрозию, ливневый поверхностный смыв и ливневый струйчатый размыв. Под капельной эрозией (эрозия разбрызгивания) понимается разрушение и перемещение на небольшом расстоянии частиц грунта ударной силой и разбрызгиванием дождевых капель и градин. Размеры капель дождя обычно колеблются от 0,2 до 7 мм в диаметре, а их конечная скорость – от 1 до 9 м/с. Н. И. Маккавеевым определено количество капель, выпадающих на 1 м² площади за 1 с: при интенсивности дождя 0,06 мм/мин – 1480; при сильном ливне (0,72 мм/мин) – 2300. Удары капель о почву вызывают подъем большого количества почвенных частиц. А. Н. Полевой [1992] приводит пример подъема почвенных частиц с поверхности суглинистого чернозема с площади 1 га во время небольшого ливня (Q (слой осадков) = 9,2 мм и максимальной интенсивностью 2 мм/мин) (табл. 4).

Таблица 4

Масса почвы, поднимаемой во время ливня на разную высоту с площади 1 га [Полевой, 1992]

Высота подъема, см	Масса почвенных частиц, кг
10	770
20	310
60	5

При сильных ливнях с 1 га в воздух поднимаются сотни тонн почвы – до 170–240 т/га, что равно плотному слою почвы в 15–20 мм. В целом поднятые частицы почвы при сильном ливне взлетают на высоту 1–1,5 м и выпадают на расстоянии до 1,5 м от места выброса. В расчетах суммарных потерь почвы со всего склона капельная эрозия не учитывается, так как считается, что потери почвы в этом случае невелики. Н. И. Маккавеев считал капельно-дождевую эрозию «спусковым крючком» эрозионного процесса. Исследователи отмечают, что, возможно, главным эффектом ударного воздействия капель является уплотнение тонкого поверхностного слоя почвы. Образуемая при этом плотная корочка в десятки раз снижает водопроницаемость почв.

Поверхностно-склоновая эрозия (плоскостная) смывает и размывает почву во временной ручейковой сети и на межручейковых пространствах. Особенность ливневого поверхностного смыва – наличие дополнительной турбулентности, которая создается падающими каплями. Удары капель увеличивают транспортирующую способность склоновых потоков малой глубины, при этом содержание наносов в потоке увеличивается в 10–15 раз.

На коэффициент дождевого стока влияет продолжительность дождя, густота растительности, предшествующее увлажнение и слой осадков. Г. И. Швобс установил, что в зависимости от слоя дождя перехват осадков напочвенным покровом подчиняется закономерности: чем больше слой, тем больше воды попадает на поверхность почвы. Так, при слое 3 мм на поверхность попадает 45,5 % воды, при 61,1 мм – 78 %. Н. В. Рутковской [1984] рассчитан коэффициент стока для ливневых осадков на территории Томской области (табл. 5).

Авторами данной работы проведены полевые наблюдения за результатами смыва и размыва почв на пашне Томь-Яйского междуречья после ливней. Натурные наблюдения осуществлялись после ливней разной метеорологической силы на склонах разной экспозиции, длины, крутизны и состояния агрофона (табл. 6). Установлено, что при одинаковой силе ливня и коэффициенте стока ливневых вод интенсивность смыва и размыва почв зависит от длины склона и состояния агрофона при примерно одинаковой крутизне.

Таблица 5
Количество выпавших осадков и коэффициент стока [Рутковская, 1984]

Количество ливневых осадков, мм	Коэффициент стока, мм
10–20	0,4
21–30	0,5
31–40	0,6
41–50	0,7
51–70	0,8

Наибольший смыв почвы наблюдается по зяби и под пропашными культурами: в отдельных очагах ливня – до 40–100 м³/га. Например, после двух ливней – 30.06.1987, когда за 5,5 часа выпало 53,7 мм осадков, и 01.07.1987, когда за 4 часа выпало 20,6 мм осадков, – наиболее пострадала пашня под пропашными культурами (картофель). Совместное воздействие двух этих ливней привело к возникновению на прямом склоне пашни крутизной 3–8° серии струйчатых размывов и промоины. Длина последней составила 200 м при ширине 0,3–1,5 м, при средней глубине – 0,4 м, а максимальной – 0,7 м. Общий объем снесенного с пашни рыхлого материала достиг 40–100 м³/га (см. табл. 6).

И. Г. Грингоф, А. Д. Клещенко [2011] и другие исследователи отмечают, что, как правило, наибольшую интенсивность имеют короткие ливневые дожди, и указывают, что 1 мм осадков равен 10 т воды на 1 га.

Таблица 6

Проявления ливневой эрозии на пашне и скорости движения наносов

Дата выпадения ливня	Количество осадков, мм	Продолжительность выпадения, мин	Сила ливня	Экспозиция склона, агрофон	Длина склона, м	Количество размывов	Смыв почвы, м ³ /га	Скорость движения наносов, см ³ /см
	Коэффициент стока				Крутизна, градус			
30.06.1987	$\frac{53,7}{0,7}$	330	3	Восточная, посадки картофеля	$\frac{300-400}{3-10}$	5 крупных с притоками	40-100*	1,33
01.07.1987	$\frac{20,6}{0,5}$	240	1,3	Южная, зябь поперек склона	$\frac{50-60}{3-11}$	145 мелких	4-5*	0,12
14.06.1990	$\frac{9,9}{0,4}$	57	1,3	Южная, посевы злаков, рядки, рядки вдоль склона	$\frac{100-200}{3-7}$	14	1-4	0,02
				Северная, посевы льна, рядки поперек склона	$\frac{100-300}{3-5}$	2	Менее 1,0	
22.06.2003	$\frac{28,0}{0,5}$	282-534	1,7-1,2	Южная, посевы овса	$\frac{300}{3-7}$	3	4-5	0,26
03.06.2015	3,7	1	3,7	Южная, боронованная зябь	$\frac{300}{3-7}$	2 размыва с 9 притоками	0,75-1,5	0,02
				Южная, зябь со следами прохождения тяжелой техники	$\frac{300}{3-7}$	2	2,0	
				Южная, сочетание полос зяби и посевов клевера		1	2-4	

Примечание: * – результат размыва почв за два ливня.

Рассмотрим примеры воздействия на почвы коротких ливней с небольшим слоем осадков. Например, 14 июня 1990 г. за 57 мин выпало 9,9 мм осадков. На южном склоне пашни ключевого участка Лучаново, занятом густыми посевами злаков, находящимися в стадии кущения, обнаружено 14 размывов длиной от 27,1 до 3,4 м; ширина их изменялась от 8 до 100 см, а глубина – от 1 до 15 см. Посадка злаков проведена по бороздкам вдоль склона. На склоне крутизной 3–7° посеvy злаков в зоне максимального воздействия потоков ливневых вод были размыты; на краю поля образовалась серия конусов выноса. Размеры наиболее крупного достигали 9 м в длину и 7,5 м в ширину. Мощность делювия в конусах изменялась от долей миллиметра до 12 см, но чаще от 1 до 7 см. Тщательный обмер струйчатых размывов показал, что за ливень с поля было вынесено 1–4 м³/га почвы. Значительный смыв почв произошел, по нашему мнению, вследствие увлажнения почвы предыдущими дождями: 12.06.1990 выпало 5,4 мм осадков, 13.06.1990 – 6,9 мм.

На склоне северной экспозиции, занятом посадками льна с рядами, расположенными поперек склона, и высотой посевов в 20–30 см, размыв почв был мал. Лишь местами, где линии тока ливневых вод были наиболее сильными, лен полег. На поверхности полегшего льна местами наблюдались отложения делювия мощностью в первые миллиметры. Суммарный смыв с северного склона был менее 1 м³/га.

Весьма интересен, на наш взгляд, пример ливня с градом 3 июня 2015 г., когда за 1 мин выпало 3,7 мм осадков. Обследование пашни после ливня на ключевом участке Лучаново показало: на южном склоне, где агрофон на 90–95 % был представлен контурно боронованной зябью и на 10–15 % посадками картофеля, ливневые воды образовали два крупных струйчатых размыва с притоками. Длина их составила 77 и 83 м, ширина изменялась от 19 до 69 см, а глубина – от 2 до 16 см. На краю поля после ливня образовались два конуса выноса, площадь наиболее крупного – 16,75 м², мощность делювия изменялась от 0,1 до 3 см при среднем значении 1,23 см. Средний смыв со склона – 1,4–1,7 м³/га.

На поле южной экспозиции с чередованием полос зяби в верхней и средней частях склона и посадками клевера в нижней части наблюдался один крупный размыв длиной 136 м, шириной от 21 до 69 см и глубиной от 3 до 40 см. Средний смыв со склона составил 2–4 м³/га. В зоне максимального воздействия ливневого стока клевер местами полег или размыт. Расчёт скорости движения наносов, согласно зависимости Г. С. Ананьева [1998], показал, что на склонах пашни она изменялась от 0,02 до 1,33 см³/см (см. табл. 6).

Выводы

Анализ полевых наблюдений, данных метеорологических станций показал, что на территории зоны подтайги юго-востока Западно-Сибирской равнины развивается ливневая эрозия. Важнейшей ее особенностью является исключительно высокая неравномерность и интенсивность выпадения осадков в ходе ливня, а также в пространстве. В большинстве случаев значительные дождевые осадки наблюдаются на одной-двух станциях.

Интенсивность ливневой эрозии, согласно СНиП-22-01-95, изменяется от умеренно опасной ($2\text{--}5 \text{ м}^3/\text{га}$ в год) до весьма сильной ($10\text{--}15 \text{ м}^3/\text{га}$ в год). Скорость денудации поверхности пашни ливневыми осадками варьирует от 0,07 до 10 мм/год.

Полученные нами данные по смыву почв ливневыми осадками согласуются с результатами, полученными В. В. Сластихиным [1980], М. Н. Заславским [1978] для юга Нечерноземной зоны европейской части страны, где за 1982–1985 гг. средний смыв почвы ливневыми водами составил 2,7, а минимальный – 60 т/га в год.

Главными экологическими последствиями ливневой эрозии, как отмечают многие исследователи, являются: 1) вынос питательных для растений веществ; 2) воздействие дождевых капель на почвы, это выражается в следующем: перенос частиц грунта по воздуху с более высоких местоположений в низкие приводит к заиливанию поверхности и заболачиванию западин; 3) ударное воздействие капель приводит к уплотнению тонкого поверхностного слоя почвы. Образующаяся при этом плотная корочка в десятки раз снижает водопроницаемость почв.

Исследования проведены при финансовой поддержке РФФИ № 16-05-00286 «Природные процессы в устьевых областях притоков и на прилегающем побережье оз. Байкал в условиях естественных и антропогенных изменений».

Список литературы

- Ананьев Г. С. Катастрофические процессы рельефообразования. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1998. 102 с.
- Горбачев П. Ф. Методы расчета ливневого стока. М. : Власть Советов, 1937. 165 с.
- Грингоф И. Г., Клеценко А. Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 1. Потребности сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельского хозяйственного производства погодные условия. Обнинск : ВНИИГМИ – МЦД, 2011. 808 с.
- Заславский М. Н. Методические вопросы оценки факторов, определяющих эрозионную опасность земель // Эрозионные процессы Сибири. Новосибирск, 1978. С. 5–31.
- Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности, количественная оценка. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1993. 200 с.
- Полевой А. Н. Сельскохозяйственная метеорология / под ред. И. Г. Грингофа. СПб. : Гидрометеиздат, 1992. 424 с.
- Природные опасности России. Гидрометеорологические опасности / под ред. Г. С. Голицына, А. А. Васильева. М. : КРУК, 2001. Т. 5. 296 с.
- Рутковская Н. В. География Томской области. Сезонно-агроклиматические ресурсы. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1984. 158 с.
- Сластихин В. В. Методика исследования эрозии почв, вызываемой интенсивными осадками // Современные аспекты изучения эрозионных процессов. Новосибирск, 1980. С. 28–32.
- Сморкалова А. Г. Характеристика ливневых дождей по Омской, Томской и Тюменской областям // Вопр. географии Сибири. Томск, 1976. Вып. 9. С. 30–34.
- Толчельников Ю. С. Эрозия и дефляция почв. Способы борьбы с ними. М. : Агропромиздат, 1990. 158 с.

Development Factors and Intensity of Heavy Rains Erosion on the Arable Land of the Tom-Yaya Interfluve

N. S. Evseyeva, Z. N. Kvasnikova, M. A. Kashiro, A. S. Batmanova

National Research Tomsk State University, Tomsk

Abstract. Soil erosion, including storm erosion, is one of the main processes of the substances migration causing the degradation of soil. The intensity of storm erosion on the arable land of the southeast of subtaiga zone in the West Siberian plain is practically not studied. In this paper, the factors and intensity of development of storm erosion on the example of the South-East of the Tomsk region within the Tom-Yaya interfluve. We found that the investigated territory belongs to areas of heavy rains: there are potentially from 50 to 100 mm an atmospheric precipitation in days, and the intensity of the rainfall amounts 3,01–5,0 mm per min. Number of days with rainfall at the Tom-Yaya interfluve varies from year to year significantly from 38 to 91.

The authors conducted field observations over the effects of rainfall with the various durations and intensity on arable land with different cultivation history, length and degree of slopes. It is established that the intensity of storm erosion depends on amount of precipitation, cultivation history and relief, the erosion of the soil can various from the first fraction of cubic meter to 100 m³ per ha. Rainfall on the territory of the Tom-Yaya interfluve is the cause soil erosion in agricultural landscapes, which varies from weak to very strong level. The denudation rate of the arable land surface from heavy rainfall changes from 0,07 to 10 mm per year.

Keywords: heavy rain, erosion, arable land, the sub-taiga, the West Siberian Plain.

For citation: Evseyeva N.S., Kvasnikova Z.N., Kashiro M.A., Batmanova A.S. Development Factors and Intensity of Heavy Rains Erosion on the Arable Land of the Tom-Yaya Interfluve. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 23, pp. 51-63. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.23.51>. (in Russian)

References

- Ananiev G.S. *Katastroficheskie protsessy reliefobrazovaniya* [Catastrophic processes of relief formation]. Moscow, Moscow State University Publ., 1998, 102 p. (in Russian)
- Gorbachev P.F. *Metody rascheta livneвого stoka* [Calculation methods of storm water runoff]. Moscow, Vlast Sovetov Publ., 1937, 165 p. (in Russian)
- Gringof I.G., Kleshchenko A.D. *Osnovy selskokhozyaystvennoi meteorologii. Tom 1. Potrebnosti selskokhozyaystvennykh kultur v agrometeorologicheskikh usloviyakh i opasnye dlya selskogo khozyaystvennogo proizvodstva pogodnye usloviya* [Fundamentals of Agricultural Meteorology. Vol. 1. Requirements of Agricultural Crops in Agrometeorological Conditions and Weather Conditions Dangerous for Agricultural Production]. Obninsk, All-Russian Scientific Research Institute of Hydrometeorological Information - World Data Center Publ., 2011, 808 p. (in Russian)
- Zaslavskii M.N. *Metodicheskie voprosy otsenki faktorov, opredelyayushchikh erozionnyuyu opasnost zemel* [Methodological Issues of Evaluation the Factors that Determine the Erosion Hazard of Lands]. *Eroziionnye protsessy Sibiri* [Erosion Processes of Siberia]. Novosibirsk, 1978, pp. 5-31 (in Russian).
- Larionov G.A. *Eroziya i deflyatsiya pochv: osnovnye zakonomernosti kolichestvennaya otsenka* [Erosion and Deflation of Soils: Basic Regularities and Quantitative Assessment]. Moscow, Moscow State University Publ., 1993. 200 p. (in Russian).
- Polevoi A.N., Gringof I.G. (ed.) *Selskokhozyaystvennaya meteorologiya [Agricultural meteorology]*. St. Petersburg, Gidrometeoizdat Publ., 1992, 424 p. (in Russian).
- Golitsyn G.S., Vasiliev A.A. (eds.). *Prirodnye opasnosti Rossii. Gidrometeorologicheskie opasnosti*. Vol. 5 [Natural hazards in Russia. Hydrometeorological hazards]. Moscow, Kruk Publ., 2001, 296 p. (in Russian).
- Rutkovskaya N.V. *Geografiya Tomskoi oblasti. Sezonno-agroklimaticheskie resursy* [Geography of Tomsk Region. Seasonal Agro-Climatic Resources]. Tomsk, Tomsk State University Publ., 1984, 158 p. (in Russian).

Slastikhin V.V. Metodika issledovaniya erozii pochv, vyzyvaemoi intensivnymi osadkami [Research Methodology of Soil Erosion Caused by heavy rainfall]. *Sovremennye aspekty izucheniya erozionnykh protsessov*, Novosibirsk, 1980, pp. 28-32 (in Russian).

Smorkalova A.G. Kharakteristika livneykh dozhdei po Omskoi, Tomskoi i Tyumenskoi oblasti [Characteristics of heavy rains in the Omsk, Tomsk and Tyumen oblasts]. *Voprosy geografii Sibiri* [Modern aspects of the study of erosion processes], 1976, no. 9, pp. 30-34 (in Russian).

Tolchelnikov Yu.S. Eroziya i deflyatsiya pochv. Sposoby borby s nimi [Soil erosion and deflation. Methods to combat them]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, 158 p. (in Russian).

Евсеева Нина Степановна
доктор географических наук,
профессор, заведующий, кафедра
географии
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
тел.: (382-2) 42-08-00
e-mail: geography@ggf.tsu.ru

Evseyeva Nina Stepanovna
Doctor of Sciences (Geography), Professor,
Head, Department of Geography
National Research Tomsk State University
36, Lenin av., Tomsk, 634050, Russian
Federation
tel.: (382-2) 42-08-00
e-mail: geography@ggf.tsu.ru

Квасникова Зоя Николаевна
кандидат географических наук,
доцент, кафедра географии
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
тел.: (382-2) 42-08-00
e-mail: zojkwas@rambler.ru

Kvasnikova Zoia Nikolaevna
Candidate of Sciences (Geography),
Associate Professor, Department of Geography
National Research Tomsk State University
36, Lenin av., Tomsk, , 634050, Russian
Federation
tel.: (382-2) 42-08-00
e-mail: zojkwas@rambler.ru

Каширо Маргарита Александровна
кандидат географических наук,
доцент, кафедра географии
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
тел.: (382-2) 42-08-00
e-mail: mkashiro@yandex.ru

Kashiro Margarita Aleksandrovna
Candidate of Sciences (Geography),
Associate Professor, Department
of Geography
National Research Tomsk State University
36, Lenin av., Tomsk, 634050, Russian
Federation
tel.: (382-2) 42-08-00
e-mail: mkashiro@yandex.ru

Батманова Антонина Сергеевна
аспирант, кафедра географии
Национальный исследовательский
Томский государственный университет
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
тел.: (382-2) 42-08-00
e-mail: Tonu6ka@yandex.ru

Batmanova Antonina Sergeevna
Postgraduate, Department of Geography
National Research Tomsk State University
36, Lenin av., Tomsk, 634050, Russian
Federation
tel.: (382-2) 42-08-00
e-mail: Tonu6ka@yandex.ru