

УДК 631.585 (551.431.16)

М.М. Иванов¹, С.Ф. Краснов², В.Р. Беляев³, Х.Н. Сафаров⁴

ОЦЕНКА СКОРОСТИ ПЛОСКОСТНОГО СМЫВА НА МАЛОМ ВОДОСБОРЕ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ КАРАТЕГИНСКОГО ХРЕБТА (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ТАДЖИКИСТАН)⁵

Исследованы возможные сценарии развития процессов плоскостного смыва в условиях активно осваиваемого компактного водосбора в предгорной зоне южного макросклона Каратегинского горного хребта. Основной тип сельскохозяйственных угодий в районе исследований — пастбища, в силу чего деградация земель и образование бедлендов связаны в первую очередь с перевыпасом скота. В таких условиях при наличии достаточного количества жидких осадков и большой крутизне поверхности склонов водосборов наличие растительного покрова принципиально важно для сохранности земельных ресурсов. В качестве метода оценки выбрана эрозионная модель, основанная на универсальном уравнении эрозии (USLE), во входных данных к которой рассмотрены два крайних варианта состояния растительного покрова на пастбищах: оптимальный — в виде сомкнутого разнотравного покрова и критический — в виде полностью редуцированного.

Проведенная оценка наглядно демонстрирует, что при сохранении современной тенденции к перевыпасу существует реальная угроза потери значительной части земельного фонда.

Ключевые слова: эрозия, плоскостной смыв, деградация пастбищ, Таджикистан, модели эрозии.

Введение. Предгорные области хребтов Центрального Таджикистана представляют собой арену активного развития эрозионных процессов. Слабая устойчивость почв и подстилающих лессовидных пород [3] к размыву в сочетании с относительно большим количеством осадков (~900 мм/год), из которых значительная часть выпадает в виде проливных дождей, и значительным уклоном поверхности создают благоприятные условия для эрозионной деятельности на склонах. Ситуация осложняется также тем, что растительный покров большинства водосборов имеет тенденцию к постепенному сокращению из-за антропогенного воздействия. В период существования Таджикской ССР этой проблеме уделялось большое внимание. Для информационного обеспечения сельского хозяйства с позиций противоэрозионной деятельности были проведены серии комплексных полевых исследований, а также заложен ряд стационарных станций наблюдения за развитием эрозии [1, 4, 10].

Постановка проблемы. Высокая сельскохозяйственная нагрузка на предгорные ландшафты, выраженная

преимущественно в виде пастбищного скотоводства, характерна для Средней Азии. Деградация растительных сообществ на кормовых угодьях приводит к интенсификации процессов водной и ветровой эрозии, что часто сопровождается потерей плодородия почв и производительности пастбища [8]. В отдельных случаях этот процесс может привести к формированию бедлендов, полностью непригодных для дальнейшего использования [20]. Так как рассматриваемая территория — один из ключевых аграрных районов Республики Таджикистан, то проблема безвозвратной потери земельных ресурсов стоит довольно остро и требует подробного рассмотрения [11].

Цель работы — оценка темпа плоскостного смыва со склонов конкретного водосбора, который типичен для Центрального Таджикистана. Оценка проводилась с использованием расчетов по эрозионной модели, позволяющих получить пространственную картину распределения зон с разным темпом смыва в пределах водосбора и провести количественный анализ полученных результатов.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, аспирант; *e-mail:* ivanovm@bk.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* skras@mail.ru

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, ст. науч. с., канд. геогр. н.; *e-mail:* valdemar_b@rambler.ru

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория эрозии почв и русловых процессов имени Н.И. Маккавеева, аспирант; *e-mail:* khasan_81@mail.ru

⁵ Статья подготовлена в рамках деятельности Швейцарского национального исследовательского центра (NCCR) Север—Юг “Партнерство для смягчения последствий климатических изменений”, софинансируется Швейцарским национальным научным фондом, Швейцарским агентством для развития и сотрудничества и институтами — участниками программы.

При оценке учитывалась существующая структура системы землепользования, сложившаяся на протяжении по крайней мере последних трех десятилетий, отдельное внимание было уделено состоянию растительного покрова на пастбищах, играющего важную почвозащитную роль. Рассмотрены два крайних состояния проективного покрытия растительностью склонов водосбора в пределах пастбищ, что соответствовало “минимальному” и “максимальному” сценариям развития эрозионных процессов на склонах. Полученные данные сопоставлены с результатами проведенной ранее на территории этого же водосбора оценки темпа перераспределения наносов с использованием радиоцезиевого метода [3].

Материалы и методы исследований. Характерная особенность рельефа предгорных областей Центрального Таджикистана, а конкретнее, южных предгорий Каратегинского хребта — наличие множества относительно компактных, вытянутых вдоль по падению южного склона хребта водосборов, выходящих устьями к долинам рек и разделенных между собой округловершинными водораздельными поверхностями. Подобный рельеф получил название адырного [9]. Склоны водосборов имеют, как правило, относительно небольшую длину (от нескольких десятков до нескольких сотен метров) и большую крутизну поверхности, зачастую превышающую 10—15°. В днищах водосборов в подавляющем большинстве случаев прослеживается наличие крупных донных оврагов. Отмечена тенденция как к продольному регрессивному росту оврагов, так и к их постепенному поперечному расширению. Процесс попятной эрозии хорошо диагностируется по наличию четких вершинных уступов и множеству крупных эрозионных борозд, у которых начинает формироваться собственный продольный профиль днища. Разрастание оврагов вширь во многом сопряжено с осыпанием материала с бортов оврага и выносом его за пределы водосбора [2, 3].

На склонах, используемых преимущественно как пастбища (хотя на наиболее пологих участках могут находиться пахотные массивы или сады), прослеживается практически весь спектр эрозионных микроформ рельефа — от мелких рытвин и борозд до крупных бортовых оврагов. Поедание травянистой растительности скотом и в большей степени выбивание поверхности в результате его выпаса приводит к тому, что значительные участки склонов остаются не защищенными от ударного воздействия капель дождя и формирующихся на склонах временных водных потоков. Постепенно под действием плоскостного и ручейкового смыва эти участки превращаются в бедленды. Подобное происходит часто, особенно на участках регулярного прогона скота. В отдельных случаях эрозия вступает в непосредственное взаимодействие с процессом механического воздействия животных на грунт. В результате этого могут возникать комплексы микрорельефа биогенно-флювиального происхождения, представляющие собой сеть эрозионных борозд с мелкобугристыми межбороздовыми участками.

Для исследований выбран водосбор Бодомо, расположенный в пределах южного макросклона Каратегинского хребта — одного из южных отрогов Гиссарского хребта, в 65 км на восток от Душанбе. Площадь исследуемого объекта составляет 0,77 км² (рис. 1). Перепад высоты в пределах водосбора составляет 377 м при диапазоне значений абсолютной высоты 1250—1627 м. При этом перепад распределен в пределах обозначенного интервала неравномерно (рис. 2, А). Значительная площадь приходится на высотные уровни, приуроченные к наиболее возвышенным водораздельным поверхностям. Небольшая доля площадей, относящихся к центральной части интервала высоты, указывает на то, что переход от более высоких к низким позициям происходит за счет относительно коротких и крутых склонов, что подтверждается графиком распределения крутизны склонов поверхности водосбора (рис. 2, Б), на котором выделяется пик зна-



Рис. 1. Расположение водосбора Бодомо

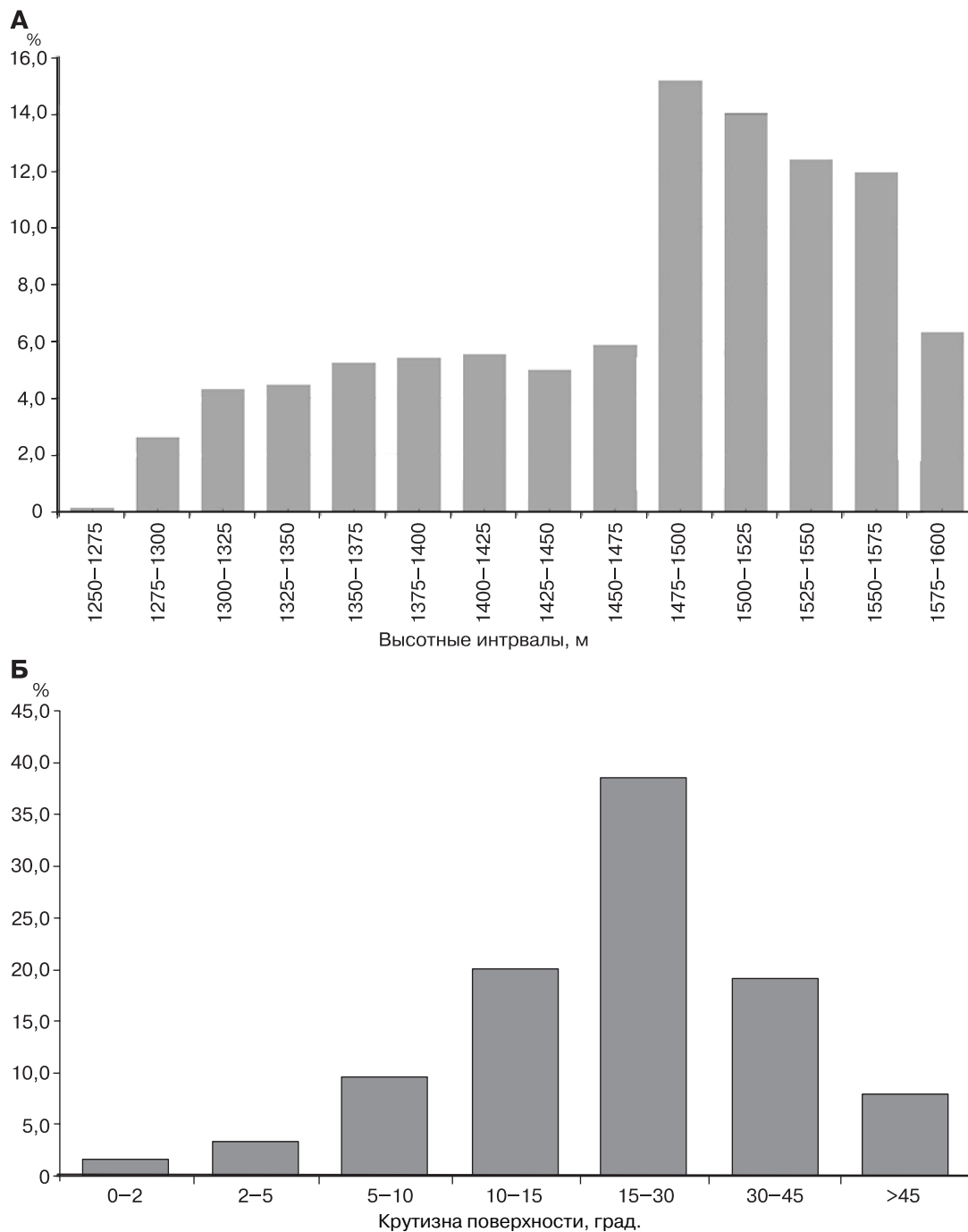


Рис. 2. Гистограммы распределения высотных интервалов (А) и крутизны поверхности рельефа водосбора Бодома (Б)

чений в интервале от 15 до 30°. На него приходится 38,6% площади всего водосбора, при этом для 95% площади водосбора крутизна поверхности превышает 5°. В связи с этим можно заключить, что практически на всей территории водосбора существуют необходимые орографические условия для развития эрозионных процессов.

В пределах водосбора расположен крупный врез, в который впадают бортовые и склоновые овраги разного размера, создающие хорошо развитую сеть доставки наносов, смытых со склонов в основной врез, по которому они выносятся за пределы водосбора.

Ширина и глубина основного вреза в максимальном сечении достигают ~30 м. Борты вреза крутые, в некоторых местах представлены отвесными стенками, на многих из которых видны четкие следы осыпания материала. Осыпавшийся материал регулярно размывается водными потоками, на что указывает отсутствие сколько-нибудь крупных осыпных тел. Общая глубина расчленения рельефа от водораздела до нижней границы эрозионного вреза для всего водосбора приближается к 70–80 м, чего достаточно, чтобы в днище оврага на отдельных участках обнажались перекрытые лессами кристаллические породы.

Район проведения работ отличается крайне неравномерным внутригодовым распределением осадков, что сказывается на развитии эрозии. Максимум выпадения дождей приходится на период с января по май. Отметим, что в начале влажного сезона выпадение дождей происходит на поверхность, еще не защищенную растительным покровом после засушливого периода. Поэтому единичный сильный ливень в феврале—марте может спровоцировать смыв, объем которого будет вполне сопоставим со смывом за длительный отрезок времени, но при меньшей интенсивности выпадения осадков и большим проективным покрытием поверхности склонов травянистой растительностью. В зимние месяцы, особенно в ночное время, происходит постоянное колебание температуры около нулевой отметки, что способствует активизации осыпных процессов на крутых оголенных стенках оврагов [2].

Почвенный покров, формирующийся в предгорьях Каратегинского хребта, в зоне полупустынь, представлен горными коричневыми карбонатными почвами. Этот подтип почв характеризуется очень низким содержанием гумуса, поэтому он по физическим свойствам очень похож на горные сероземы [5]. Низкое содержание гумуса во многом обусловлено интенсивным эрозионным смывом, из-за чего в большинстве случаев на склонах почвенный профиль имеет деградированный вид. Эрозионная стойкость этих почв очень мала.

Исследование истории сельскохозяйственного освоения водосбора Бодомо показало, что существующая в настоящее время система землепользования сформировалась в конце 1980-х гг., когда 34% водосбора площади были поделены между 30 местными семьями, а остальная площадь задействована в виде общинного пастбища. На выделенных землях в пределах наиболее пологих участков склонов разбиты сады и возделаны пашни. На сегодняшний момент наибольшую часть земельного фонда по-прежнему составляют пастбища, в силу чего проблема потери земельных ресурсов обусловлена преимущественно выпасом скота.

Для расчета темпа смыва использовалась модифицированная в лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова модель USLE [6], которая в различных вариантах успешно и широко используется [7, 12, 17—19]. Входными данными к модели служили морфометрические показатели склонов (фактор LS), эрозионный индекс дождевых осадков, противозерозионная устойчивость почвы, фактор растительного покрова и севооборота. Все данные к модели форматировались с помощью программных пакетов ArcGIS 10 и MapInfo 11. Алгоритм расчета написан на языке MapBasic.

Сбор данных о морфометрии поверхности проводили по цифровой модели рельефа (ЦМР). ЦМР

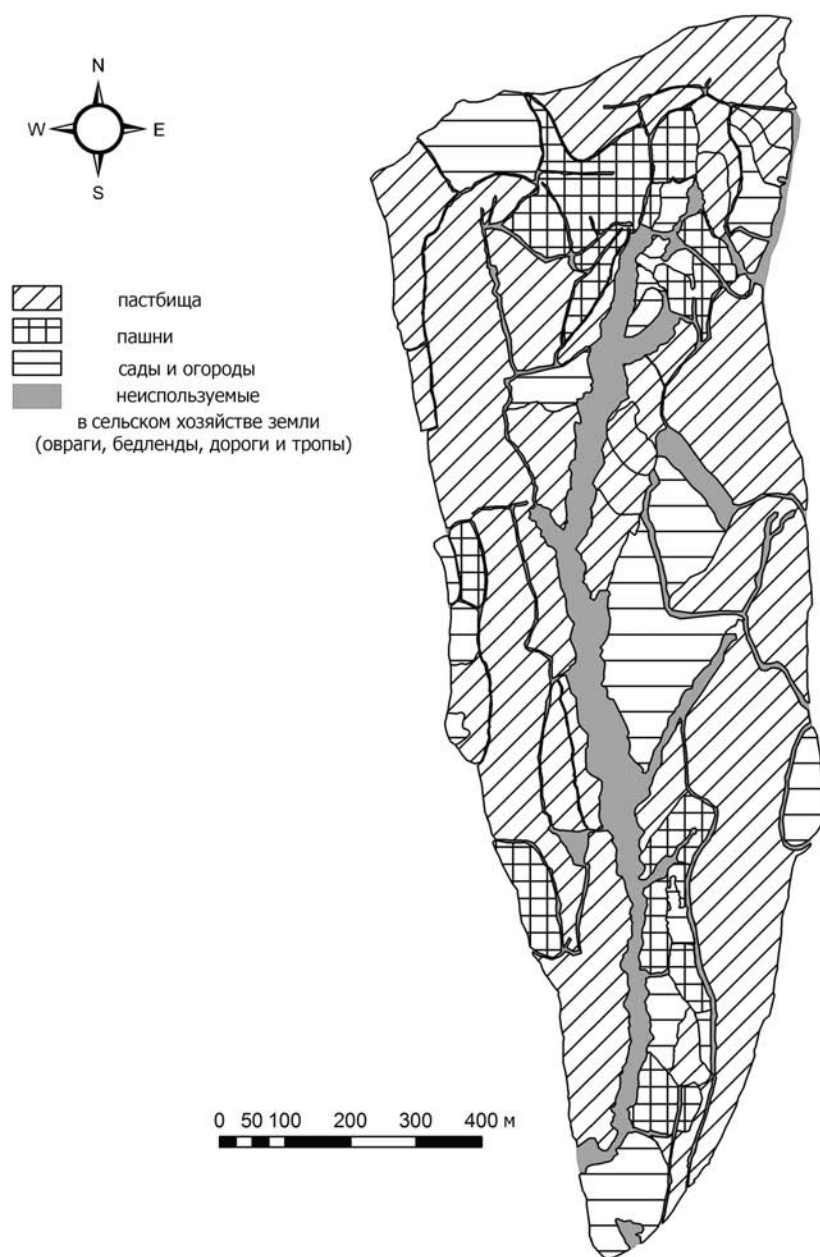
построена на основе оцифрованных топографических карт масштаба 1:50 000. После получения карты изогипс интерполировали значения для получения непрерывного поля высот в виде целостного растрового изображения. В качестве программного модуля интерполяции использовали модуль программы ArcMap 10 под названием Raster Interpolation>Kriging. В дальнейшем полученный растр обрабатывали с помощью ряда дополнительных модулей для получения изображений пространственного распределения крутизны, экспозиции и длины склонов. Пространственное разрешение растровых изображений оценивается в 10 м/пикс.

При анализе производных от ЦМР морфометрических карт выявлена систематическая ошибка, которая заключалась в завышении показателей крутизны склонов в приустьевой части водосбора. Возникновение этой ошибки, вероятнее всего, связано со слишком густым нанесением изогипс на топографическую карту, что не совсем соответствует фактическому рельефу территории. Получение максимально достоверной информации о морфометрии водосбора исключительно важно, поскольку именно морфометрические параметры поверхности являются определяющими в формировании пространственной картины смыва.

Упомянув о систематических ошибках, отметим особенность алгоритма автоматического подсчета смыва. При расчете все растровые данные переведены в массив точек, каждая из которых соответствовала отдельной ячейке площадью 10×10 м. Вычисления выполнены для каждой точки без учета смыва из соседней точки, лежащей выше по склону, в результате (без вычета уже сформированного смыва) общий показатель для всего склона оказывался априори завышенным. Из вышесказанного можно сделать вывод, что наиболее достоверные результаты будут демонстрировать расчеты, проведенные для относительно коротких и пологих склонов, а наименее достоверные — для длинных и крутых.

Климатические данные, использованные в модели, взяты с одной из ближайших к Бодомо метеостанций, расположенных в районе Файзабада. Эти данные позволили вычислить эрозионный индекс дождевых осадков для периода с конца 1980-х гг. до настоящего времени. Данные о противозерозионной устойчивости почв получены из прилагающейся к модифицированной версии USLE базы данных. Для учета фактора растительности и севооборота выполнена съемка границ основных типов сельскохозяйственных угодий и составлена карта землепользования для водосбора Бодомо (рис. 3). При этом были задействованы космические снимки водосбора — Landsat 5, WorldView-2 и QuickBird, а также данные полевой GPS-съемки.

Для выделенных площадей пастбищ расчеты проводились для двух сценариев. В первом сценарии предполагалось, что вся площадь пастбищ фактически лишалась растительного покрова в результате пере-



выпаса. Это соответствовало наихудшему сценарию развития, способствующему максимальному смыву почв. Фактически в пределах водосбора на момент обследования уже существовало несколько участков бедлендов (рис. 3), поэтому полностью исключать вероятность подобного сценария не следует. Во втором сценарии принято, что территория пастбищ на 100% покрыта многолетними травами, что снижало предполагаемую интенсивность смыва до минимума. Здесь также следует учесть, что некоторые фермеры используют свои участки в качестве сенокосов, на них проективное покрытие почвы травянистой растительностью фактически равно 100%. Поэтому второй вариант расчетов характеризует ситуацию, также частично уже существующую на отдельных участках склонов. По существу, все остальные варианты с различным состоянием растительного покрова занимают

Рис. 3. Схема системы землепользования на водосборе Бодомо

промежуточное положение между указанными вариантами. При этом расчет для обоих вариантов представляется затруднительным в силу отсутствия детальных данных о внутригодовом изменении почвозащитного коэффициента растительности, значения которого сильно варьируют в зависимости от микроклиматических условий и изменения пастбищной нагрузки на разных участках склонов.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате расчета по эрозионной модели получены растровые изображения, демонстрирующие пространственную картину смыва с сельскохозяйственных угодий при рассмотренных выше состояниях растительного покрова на пастбищах. На рис. 4, А приведено одно из этих изображений, которое отображает предполагаемый смыв при условии 100%-го травянистого покрова на пастбищах. Показатели темпа смыва для пашен для обоих вариантов расчета оставались неизменными. При расчетах не учитывался смыв с участков склонов, занятых плодовыми садами, поскольку они размещаются на искусственных террасах, что не позволяет адекватно оценить смыв по имеющимся морфометрическим данным.

Наиболее высокий темп смыва приурочен к наиболее крутым приустьевым и подрезаемым основным врезом участкам склонов, находящимся ближе к центру водосбора. Вблизи водоразделов темп смыва при всех сценариях оказывается значительно ниже, что предполагает возможность выбора при сельскохозяйственном использовании таких участков склонов в зависимости от воли их владельцев.

Таблица 1

Среднегодовые показатели смыва с сельскохозяйственных участков разного типа водосбора Бодомо

Тип угодья	Средний смыв, т/га/год	Максимальный смыв, т/га/год
Пашня	44,55	80
Пастбище (с оголенной поверхностью)	198,6	972
Пастбище (с многолетними травами)	1,28	20

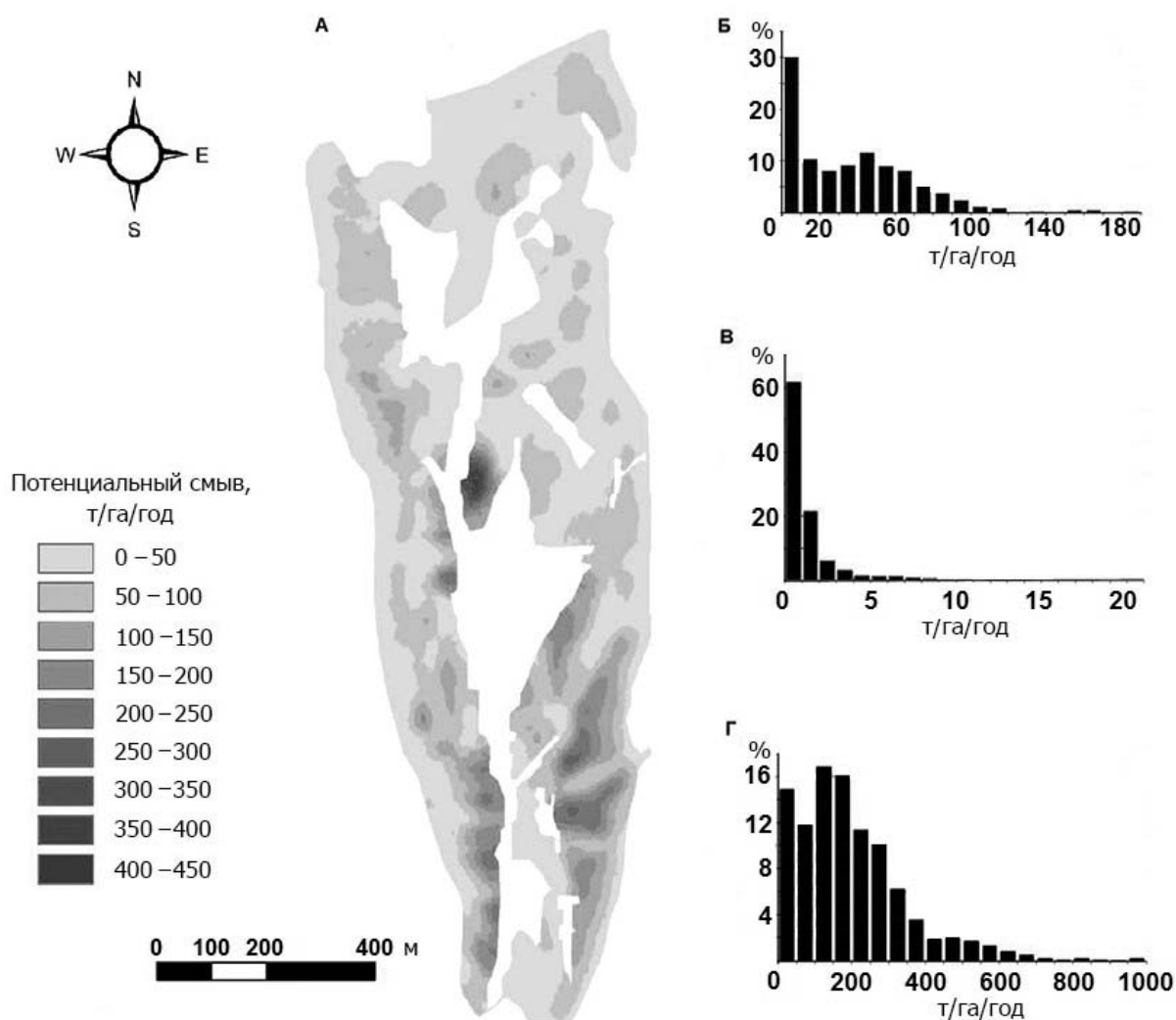


Рис. 4. Карта интенсивности потенциального смыва с пашен и пастбищ при ненарушенном травянистом покрове (А); гистограмма распределения показателей интенсивности смыва с пашен (Б); гистограмма распределения показателей интенсивности смыва с пастбищ: В — при ненарушенном травянистом покрове, Г — при редуцированном травянистом покрове

Таблица 2

Количественная оценка темпа перераспределения наносов на разных угодьях радиоцезиевым методом (отрицательные значения — эрозия, положительные — аккумуляция), т/га в год, по [3]

Трансект	Землепользование	Диапазон изменения	Среднее значение
1	Пастбище в хорошем состоянии	-3,1...-5,0	-4,0
2	Пастбище слабовыбитое	4,3...-19	-6,0
3	Умеренно выбитое пастбище	-2,9...-23,2	-11,6
4	Поливная пашня	-32,0...-107,0	-59,6
5	Пашня	-40,6...-66,9	-53,7
6	Сеяный луг	-39,3...-151,3	-95,1
7	Плодовый сад на искусственной террасе	-15...-119	-67,2

Средние и максимальные показатели плоскостного смыва для разных типов угодий на водосборе приведены в табл. 1. Полученные величины среднегодового смыва с пашни (табл. 1), рассчитанные по эрозионной модели, близки к таковым, установленным для этого же водосбора на основе использования в качестве маркера изотопа ¹³⁷Cs (табл. 2). Распределение показателя смыва по площади пашни можно представить в виде графика, приведенного на рис. 4, Б. Наибольшее число значений показателя смыва укладывается в интервал до 20 т/га в год. Максимальная расчетная скорость смыва составляет 140 т/га в год, что также неплохо согласуется с максимальным смывом (107 т/га в год), полученным для поливной пашни на основе использования радиоцезиевого метода (табл. 2). В общем график распределения площадей склонов водосбора, подверженных смыву различной интенсивности (рис. 4, Б), можно охарактеризовать как нормальный, с явно выраженной левосторонней асимметрией. Причина асимметрии кроется в том, что пашни изначально закладывались на участках

с потенциально более низким смывом, т.е. на относительно пологих и коротких склонах. Отметим, что современное расположение пашен, вероятно, наилучшее из всех возможных, но их дальнейшее расширение крайне нежелательно.

Количественная оценка темпа смыва с пастбищ при разном состоянии растительного покрова наглядно демонстрирует (табл. 1; рис. 4, В, Г), что растительность способна снижать ежегодные потери почвы фактически в десятки и сотни раз, даже если учитывать вероятное завышение оценки темпа смыва при использовании приведенной выше модели. В серии наблюдений, выполненных на двух экспериментальных площадках на южном склоне Гиссарского хребта [4], зафиксировано, что уменьшение площади проективного покрытия от 65 до 30% приводит к увеличению стока наносов в 1,6 раза. Это положение также подтверждается серией полевых исследований, проведенных в разных регионах мира (Испания, Австралия, США и др. [12—15, 17—19]). Необходимо учитывать, что при полном уничтожении растительности уменьшается не только эрозионная устойчивость почвенного покрова по отношению к склоновым потокам воды, но и в разы возрастает роль ударного фактора капель дождя [16].

Наличие 100%-го травянистого покрова приводит к тому, что на большей части поверхности склонов (>90%) потери почвы будут составлять не более 3 т/га/год (рис. 4, В). В то же время при полностью редуцированном растительном покрове (рис. 4, Г) смыв может достигать гигантских значений при модальных показателях от 100 до 200 т/га/год и максимальных до 950 т/га/год. В этом случае почвенный покров может быть практически полностью смыт без шанса на восстановление его плодородия. При таком сценарии единственно пригодными участками для какого-либо земледелия останутся относительно пологие приводораздельные участки склонов, которые представлены на графике в виде вторичного пика в интервале 0—50 т/га/год. Согласно результатам оценки потерь почвы радиоцезиевым методом, фактический средне-многолетний смыв даже с умеренно выбитых пастбищ составляет 11,6 т/га/год, что существенно ниже смыва с пашни (табл. 2). Очевидно, что умеренно выбитые пастбища при определенном снижении нагрузки способны к самовосстановлению. Кроме того, вероятно что на момент отбора проб для измерения содержания в почве ¹³⁷Cs эти пастбища только перешли в стадию умеренно выбитых. Максимально возможный показатель, полученный на поливной паш-

не, составил 107 т/га/год, это значение весьма близко к расчетному — 140 т/га/год.

В целом исходя из сравнения результатов оценок темпа смыва с использованием радиоцезиевого метода и расчетов по эрозионным моделям можно говорить о том, что использованная модель, как и предполагалось, дает в некоторой степени завышенную оценку смыва. Это в свою очередь не уменьшает ценности ее использования, так как ее применение позволяет получить объективную пространственную картину распределения зон смыва различной интенсивности. Имея в распоряжении такую информацию, можно планировать размещение разнообразных видов землепользования и определять допустимые нагрузки на пастбища. Это особенно актуально для густонаселенных сельскохозяйственных районов Центрального Таджикистана, испытывающих значительный дефицит земельных ресурсов пригодных для аграрной деятельности.

Выводы:

- плоскостной смыв в условиях сильнорасчлененного рельефа южных предгорий Карагетинского хребта может представлять собой серьезную угрозу для земельных ресурсов в регионе. Главный фактор усиления процесса смыва — постепенная деградация естественного растительного покрова на пастбищах, а также расширение площадей пашни;

- уменьшение проективного покрытия склонов способно в несколько раз увеличить потери рыхлого материала и привести к полной деградации почвенного покрова, что было весьма ожидаемо; наглядный пример — уже существующие в пределах рассматриваемого водосбора участки бедлендов;

- хотя на данный момент в целом ситуацию на конкретно выбранном водосборе нельзя назвать критической, существующая система землепользования нуждается в усовершенствовании. Для этого необходимо проводить оценку возможной нагрузки на пастбища и ограничивать расширение пахотных земель. Количественные оценки темпа смыва, полученные при использовании расчетной модели, могут служить основой для подобного планирования;

- усовершенствованная эрозионная модель USLE зарекомендовала себя в качестве вполне надежной методики оценки темпа потенциального смыва в предгорных семиаридных условиях, что подтверждено независимыми данными радиоцезиевого анализа. Модель при этом имеет очевидный недостаток, выраженный в завышении расчетных показателей, в перспективе это можно будет исправить путем внесения изменений в алгоритм программы вычисления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмадов Х.М. Противозерозионная стойкость почв Таджикистана // Изв. АН Республики Таджикистан. Отд. биол. н. 1992. Т. 3. С. 45—49.
2. Голосов В.Н., Панин А.В. Осыпные процессы на склонах оврагов в низкогорной зоне Западного Тянь-Шаня // Геоморфология. 1988. № 3. С. 46—50.

3. Голосов В.Н., Сафаров Х.Н., Маркелов М.В., Вольфграмм Б. Оценка темпов перераспределения наносов на склонах малого водосбора лёссового пояса Таджикистана на основе использования радиоцезиевого метода // Геоморфология. 2014. № 1 С. 53—65.
4. Джабаров И.И. Эрозия почв и некоторые меры борьбы с ней в Центральном Таджикистане (на примере

южного склона Гиссарского хребта) // Тр. Тадж. НИИ почвоведения. Т. 27. Душанбе: Дониш, 1988.

5. *Кутеминский В.Я., Леонтьева Р.С.* Почвы Таджикистана: условия почвообразования и география почв. Вып. 1. Душанбе: Ирфон, 1966.

6. *Ларионов Г.А.* Эрозия и дефляция почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993.

7. *Ларионов Г.А., Белоцерковский М.Ю., Добровольская Н.Г.* и др. Эрозионные процессы на европейской части СССР, их количественная оценка и районирование // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1990. № 2. С. 47—55.

8. *Тореханов А.А.* Результаты мониторинга пастбищ на юго-востоке Казахстана // Вестн. Российской академии сельскохозяйственных наук. 2005. № 4. С. 28—30.

9. *Щукин И.С.* Геоморфология Средней Азии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983.

10. *Якутилов М.Р., Бурькин А.М., Садрудинов А.А., Лукин В.И.* Почвы Таджикистана: эрозия почв и борьба с ней. Вып. 6. Душанбе: Таджикгосиздат, 1963.

11. *Якутилов М.Р., Сафронов А.Е.* Охрана почв и рекультивация нарушенных земель в Таджикистане // Охрана природы Таджикистана. Вып. 4. Душанбе, 1985. С. 67—72.

12. *Bonilla C.A., Norman J.M., Molling C.C.* Water erosion estimation in topographically complex landscapes: model description and first verifications // Soil Scien. Soc. of Amer. J. 2007. Vol. 71. P. 1527—1537.

13. *Constantini A.* Coastal Lowlands — Paired catchment study // Stat. Rep. Queensland Forest Service Hydrology Res. 1992. 12 p.

14. *Edwards K.* How much soil loss is acceptable // Search. 1988. Vol. 19, N 3. P. 136—140.

15. *Edwards K.* Soil Formation and Erosion Rates // Soils—their properties and management. Sydney Univ. Press, 1991.

16. *Gregory J.M.* Prediction of soil erosion by water and wind for various fractions of cover // Transactions of the ASAE. Soil and Water Sect. 1984. Vol. 27, N 5. Setp.—Oct. P. 1345—1350.

17. Modelling soil erosion by water / Eds J. Boardman, D. Favis-Mortlock // NATO ASI Series. Ser. 1: Global Environmental Change. Vol. 55. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1998.

18. *Nyakatawa E.Z., Jakkula V., Reddy K.C.* et al. Soil erosion estimation in conservation tillage systems with poultry litter application using RUSLE 2.0 model // Soil Tillage Res. 2007. Vol. 94. P. 410—419.

19. *Wischmeier W.H.* Use and misuse of the universal soil loss equation // J. Soil and Water Conservation. 1976. Vol. 31, N 1. P. 5—9.

20. *Wolfgramm B.* Land use, soil degradation and soil conservation in the Loess Hills of Central Tajikistan: Diss. Bern, 2007.

Поступила в редакцию
05.09.2013

M.M. Ivanov, S.F. Krasnov, V.R. Belyaev, Kh.N. Safarov

EVALUATION OF SHEET EROSION RATES WITHIN A SMALL CATCHMENT AREA IN THE KARATEGINSKY RIDGE PIEDMONT AREA (CENTRAL TADZHIKISTAN)

Possible scenarios of sheet erosion for the intensively developed small catchment area in the piedmont area of the southern macroslope of the Karateginsky Ridge are analyzed. Pastures are the predominant land use type in the area, thus the land degradation and badland formation are mainly because of overgrazing. Conservation of vegetation cover is of crucial importance for the protection of land resources under considerable amounts of rains and the high slope gradient. The estimation is based on the erosion model using the universal soil loss equation (USLE). Two extremes of pasture vegetation state are considered as input data, i.e. the optimum (closed herbal cover) and the critical (total reduction). The results of modeling clearly show that the current trend of overgrazing could pose a serious risk of considerable land losses.

Key words: erosion, sheet erosion, pasture degradation, the Karateginsky Ridge, Central Tadjikistan, erosion models.