

УДК: 631.6.02; 631.43

ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РАЗЛИЧНОМ РЕЖИМЕ ВЫПАСА СКОТА В СУБАЛЬПИЙСКОМ ПОЯСЕ

Э.Д. Адиньяев, д.с.-х.н., Горский ГАУ

Рассмотрены изменения агрофизических свойств горно-луговых почв под влиянием эрозии при различных режимах выпаса скота. Приведены показатели стока воды и смыва почвы. Показаны потери N, P₂O₅ и K₂O с продуктами эрозии и влияние интенсивности выпаса на продуктивность травостоя. Даны рекомендации по рациональному использованию горных кормовых угодий в эрозионно опасных условиях.

Ключевые слова: структура почвы, водопрочность, объемная масса, сложение, водопроницаемость, сток воды, смыв почвы, вынос азота, фосфора и калия, продукты эрозии, режимы выпаса скота.

Ущерб, причиняемый эрозией, выражается в сокращении мощности гумусового горизонта, потере питательных веществ, ухудшении физических и биологических свойств почвы, недоборе урожая, снижении качества кормов и т. д. [2]. Основной причиной эродированности горных пастбищ является слабая защищенность почвы растениями из-за перегрузки их скотом. Поэтому разработка методов сокращения и предотвращения эрозионных процессов – актуальная задача науки и практики.

По данным К.Х. Бясова [3], к незэродированным горным пастбищам Северного Кавказа относят склоны < 5°, слабозэродированным – 5-10, среднезэродированным – 10-15 и сильнозэродированным > 20°.

Цель исследований – изучить влияние режимов использования пастбищ на изменения плодородия почвы и проявление эрозионных процессов.

Методика. Исследования проводили на горном опорном пункте СКНИИГПСХ с. Даргавс, находящемся на высоте 1500-1600 м н.у.м. Рельеф местности гористый, сильно пересеченный спускающимися с гор притоками р. Терек. Климат – умеренно континентальный, с температурой воздуха: среднегодовой 5,9°C и среднесуточной зимой -4,0°C, весной 4,8°C, летом 14,5°C и осенью 6,3°C. Самый теплый месяц – июль (15,5°C), холодный – январь (-5,1°C). Зима продолжается 118 дней. Весна наступает в конце марта. Лето умеренно теплое, с температурой июля и августа – 15°C. Осень сухая. Количество осадков в среднем за год 540 мм, в том числе весной – 166 мм, летом – 246, осенью – 92 и зимой – 36 мм. Продолжительность безморозного периода от 127 до 203 дней, в среднем 154 дня. Сумма положительных температур 2370°C. Растительность представлена субальпийской ассоциацией луго-степного типа, в котором доминируют: тимopheевка луговая и степная, кострец пестрый, овсяница овечья и пестрая, люцерна желтая, лядвенец рогатый, виды эспарцета и клевера, борщевик, тысячелистник, манжетка шелковистая, подорожник скальный и др. Травостой характеризуется как злаково – бобово-разнотравный.

Почва опытного участка – горно-луговая субальпийская выщелоченная с перегнойно-иллювиальным горизонтом, суглинисто-щебнистая на элювии глинистых сланцев. Характерные особенности этих почв – высокое содержание дресвы (до 30,5%) и кислая реакция почвенного раствора (рН 5,9). По шкале обеспеченности основными элементами питания почву можно отнести к повышенной по доступному фосфору (10,6 мг/100 г почвы) и высокой по обменному калию (15,6 мг/100 г почвы). Полевой стационарный опыт был заложен по схеме:

Одно стравливание	5 гол/га (A ₁ B ₁)
	10 гол/га (A ₁ B ₂)
	15 гол/га (A ₁ B ₃)
Два стравливания	5 гол/га (A ₂ B ₁)
	10 гол/га (A ₂ B ₂)
	15 гол/га (A ₂ B ₃)
Три стравливания	5 гол/га (A ₃ B ₁)
	10 гол/га (A ₃ B ₂)
	15 гол/га (A ₃ B ₃)

Период исследования – 2010-2012 гг.

Для сравнения был включен контроль – без стравливания (St).

Форма делянки прямоугольная, общая площадь 40 м² (5 x 8 м), учетная – 24 м² (4 x 6 м). Варианты размещали стационарно на рендомизированной основе. Ширина защитных полос: боковых – 0,5 м, концевых – 1 м. Стравливание проводили имитационным методом путем скашивания растительной массы, при достижении ею высоты 15-20 см, с последующим прикатыванием поверхности катком массой 40 кг (средняя масса 1 овцы). Эрозионные процессы изучали в модельных опытах, когда трижды за вегетацию отбирали почвенные монолиты и размещали в гидролотках размером 100 x 40 x 10 см. Для моделирования крутизны склона лотки устанавливали под различным углом наклона: 7, 14, 21 и 28°.

Для изучения эрозионных процессов на лотки подавали искусственный дождь. Принципиальная схема имитации дождя аналогична применяемым в производстве системам дождевания. Дождевание осуществляли ранцевым опрыскивателем. Интенсивность дождя регулировали количеством загружаемой воды и временем его подачи на изучаемую поверхность. На гидролотки подавали количество воды из расчета 10, 20 и 30 мм осадков с интенсивностью, соответствующей ливневному характеру. Дождевание осуществляли с высоты 1 м через специальную насадку модели Г. И. Швевса [6], способствующую капельному распределению воды на всей площади гидролотка.

Согласно методике П.Ф. Горбачёва [5], создаваемый дождь характеризовался как горный ливень, а сила его оценивалась в 35 баллов. Расчет производили по формуле: $\Delta = I\sqrt{t}$, где Δ – сила дождя; I – интенсивность дождя, мм/мин; t – продолжительность дождя, мин.

Образующаяся в процессе дождевания стекающая масса попадала в приемник лотка, оттуда её извлекали и термостатно-весовым методом определяли величину стока и смыва, а также химический состав продуктов эрозии с последующим пересчетом на 1 га. Полученные результаты подвергали математической обработке для выявления зависимостей эрозионных потерь от изучаемых факторов.

Результаты и их обсуждение. Исследования показали, что в результате эрозии происходит уменьшение почвенного профиля за счет редуцирования верхнего гумусово-аккумулятивного (A) и переходного (B) горизонтов. Это ведет к уменьшению объема работающей системы и сокращению емкости обмена между почвой и растением, а также к сортировке почвенных частиц: более мелкие фракции выносились под действием механических сил, а промытый грубофракционный материал оставался на месте [1].

Вследствие эрозии ухудшаются агрофизические свойства: происходят разрушение почвенной структуры, уменьшение

доли водопрочных агрегатов, возрастает плотность почвы, убывает ее пористость, в первую очередь за счет уменьшения доли некапиллярных пор.

Установлено, что почва естественного луга характеризовалась хорошей структурностью и находилась в равновесном состоянии: содержание макроструктуры – 74,2%, глыбистой фракции – 22,5, пыли – 3,3%. Выпас вел к распылению структуры. Изменения касались в основном верхнего дернового горизонта. Так, в слое почвы 0-10 см за три года в варианте 3/15 содержание мегаструктуры сократилось в 10,6 раза, а доля пыли возросла в 2,3 раза. В нижних горизонтах изменения носили менее выраженный характер. Выпас сопровождался и уплотнением почвы. В варианте 3/15 объемная масса за период исследования увеличилась с 1,26 до 1,50 г/см³ (рис.). Такие темпы уплотнения почвы считаются очень высокими. В результате уплотнения изменяется сложение почвы (табл.1).

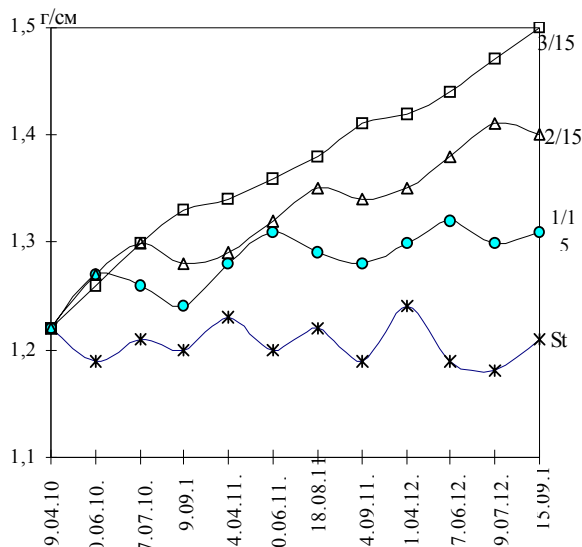


Рис.1. Динамика объемной массы горно-луговых почв (0-20 см, склон 14°) при различных режимах выпаса

В варианте 3/15 объем твердой фазы увеличился на 16,47%, некапиллярная пористость сократилась на 8,42, капиллярная – на 8,05%. В процессе уплотнения почвы уменьшался не только общий объем пор, но и их размер. При таком сложении наблюдается антагонизм между содержанием влаги и аэрацией, тормозящий процессы почвообразования и ухудшающий жизнедеятельность растений.

Водопрочность агрегатов сократилась на 1,9-7,9% в зависимости от интенсивности выпаса, а водопроницаемость в варианте 3/15 – на 12,15 раза. Ухудшение водопроницаемости сопровождалось снижением противозерозионной способности почвы, что недопустимо в условиях развитой водной эрозии.

1. Влияние режима выпаса на сложение горно-луговой субальпийской почвы (2012 г., слой 0-20 см, склон 14°)

Вариант опыта	Твердая фаза, %	Пористость, %		
		общая	некапиллярная	капиллярная
St	52,15	47,85	14,82	33,03
A ₁ B ₁	55,68	44,32	11,71	32,61
A ₁ B ₂	58,43	41,57	11,24	30,33
A ₁ B ₃	61,56	38,44	10,43	28,08
A ₂ B ₃	66,27	37,73	9,44	28,29
A ₃ B ₃	68,62	31,38	6,40	24,98

Выявлено, что увеличение крутизны склона на 1° в пределах изучаемого диапазона способствовало росту стока в среднем на 0,17 м³/га, а увеличение осадков на 1 мм – на 0,78 м³/га, а смыва, соответственно, на 3,5 и 4,2 кг/га.

Интенсивность эрозии в наибольшей степени зависела от антропогенных факторов. Так, при размере одного дождя 20

мм и крутизне 14° в опытных вариантах в сравнении с контролем сток увеличивался в 1,8-39,4 раза, а смыв возрастал в 3,3-65,3 раза.

Опыты показали, что величина смыва больше зависела от числа выпасов (43,1%), количества осадков (12,3%), нагрузки (11,0%) и крутизны склона (4,8%). Парные взаимодействия обеспечивали от 0,5 до 8,3%, неучтенные, случайные факторы – 2,5%. Действие антропогенных факторов было в 3,46 раза выше природных. Расчетным методом установлено, что сток в вариантах опыта составил 7,35-345,61 м³, а смыв – 85,80-3217,26 кг/га (таб.1, 2).

2. Расчетные размеры стока и смыва за вегетационный период (2012 г.)

Вариант опыта	Поверхностный сток		Потери влаги, % (от 365 мм)	Смыв почвы	
	м ³ /га	% к контролю		кг/га	% к контролю
St	7,35	-	0,20	85,80	-
A ₁ B ₁	16,60	225,8	0,46	156,04	181,8
A ₁ B ₂	19,73	268,4	0,54	228,74	266,6
A ₁ B ₃	26,16	355,9	0,72	539,98	629,3
A ₂ B ₁	41,31	562,0	1,13	442,04	515,2
A ₂ B ₂	132,71	1805,6	3,64	1115,76	1300,4
A ₂ B ₃	174,77	2377,8	4,79	1870,00	2179,5
A ₃ B ₁	103,34	1406,0	2,83	1214,10	1415,0
A ₃ B ₂	222,54	3027,7	6,10	2173,14	2532,8
A ₃ B ₃	345,61	4702,2	9,47	3217,26	3749,7

Для дополнения общей картины вредоносности эрозии определили потери основных питательных элементов с продуктами эрозии. Для этого был проведен химический анализ усредненного образца стока и смыва на содержание в нем доступных форм основных питательных элементов – азота, фосфора и калия (табл. 3). Знание величины стока и смыва позволило рассчитать потери доступных форм питательных веществ в валовом выражении за вегетационный период.

Из данных таблицы 3 видно, что потери элементов питания на контроле близки нулю. Незначительны они также при низкой плотности выпаса. Ощутимые потери питательных веществ отмечены при значительной интенсивности использования пастбищ, в вариантах 2/10-3/15. Со стоком больше вымывается азот, что объясняется его более высокой растворимостью. Из остальных элементов в поверхностном стоке больше подвижных форм калия, чем фосфора. Общее соотношение доступных растениям форм N:P:K в стоке составляет 2,85:1:1,28.

Значительно более высокие потери элементов минерального питания происходят со смывом почвенных частиц (табл.4). Из данных таблицы видно, что с мелкоземом из почвы теряется довольно значительное количество элементов питания растений. Размеры потерь прямо зависят от интенсивности режимов выпаса и величины смыва почвы.

3. Вынос N, P₂O₅ и K₂O с поверхностным стоком (ср. за 3 г.), кг/га

Вариант опыта	Гидролизуемый азот (N)	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	Обменный калий (K ₂ O)
St	0,11	0,05	0,05
A ₁ B ₁	0,26	0,09	0,11
A ₁ B ₂	0,30	0,11	0,14
A ₁ B ₃	0,40	0,14	0,18
A ₂ B ₁	0,63	0,22	0,29
A ₂ B ₂	2,04	0,71	0,92
A ₂ B ₃	2,69	0,94	1,21
A ₃ B ₁	1,59	0,56	0,71
A ₃ B ₂	3,43	1,20	1,54
A ₃ B ₃	5,32	1,87	2,38

4. Потери основных элементов питания со смывом почвы (среднее за 3 года), кг/га

Вариант опыта	Гидролизуемый азот (N)	Подвижный фосфор (P ₂ O ₅)	Обменный калий (K ₂ O)
St	2,21/2,32	0,57/0,61	4,86/4,91
A ₁ B ₁	4,03/4,29	1,05/1,14	8,85/8,96
A ₁ B ₂	5,90/6,20	1,53/1,64	12,97/13,11
A ₁ B ₃	13,93/14,33	3,62/3,76	30,62/31,11
A ₂ B ₁	11,40/12,03	2,96/3,18	25,06/25,35
A ₂ B ₂	28,79/30,83	7,48/8,19	63,26/64,18
A ₂ B ₃	48,25/50,94	12,53/13,47	106,03/107,24
A ₃ B ₁	31,32/32,81	8,13/8,69	68,84/69,55
A ₃ B ₂	56,07/59,50	14,56/15,76	123,22/124,76
A ₃ B ₃	83,01/88,33	21,56/23,43	182,42/184,80

Примечание. В числителе – потери со смывом почвы, в знаменателе – суммарные потери с эрозией.

Полученные результаты свидетельствуют, что в варианте 3/15 со смываемым мелкоземом почва утрачивает 83,01 кг/га азота, 21,56 фосфора и 182,42 кг/га калия. Соотношение между элементами N:P:K в смыве составляет 3,85:1:8,46. Таким образом, в смыве в первом максимуме находится калий, а в минимуме – фосфор.

Для более полной характеристики необходимо знать суммарные потери элементов питания в результате эрозии (см. табл. 4).

Данные таблицы 5 свидетельствуют, что при нормальной эрозии, в отсутствии выпаса (St), потери азота были 2,32 кг/га, фосфора – 0,61 и калия – 4,91 кг/га. Соотношение N:P:K при этом, составило 3,80:1:8,05. Введение выпаса даже минимальной интенсивности (вариант 1/5) способствует увеличению потерь питательных веществ в 1,8-1,9 раза.

С увеличением плотности выпаса вынос элементов существенно возрастает и в наиболее напряженных вариантах достигает внушительных размеров. Так, в варианте 3/15 теряется азота 88,33 кг/га, фосфора 23,43 и калия 184,80 кг/га. Известно, что для образования урожая зеленой массы 1 ц/га многолетние травы потребляют в среднем 0,4 кг N, 0,15 P₂O₅ и 0,35 кг K₂O. Таким образом, утраченного количества азота хватило бы на формирование урожая зеленой массы 220,8 ц/га, фосфора – 156,2, а калия – 528,0 ц/га. Таким образом, выпас стабильно активизирует сток и смыв. Однако при малой, оптимальной плотности выпаса величина эрозии возрастает постепенно и находится в нормальных пределах. При интенсификации выпаса сверх допустимого экологического уровня эрозия резко активизируется и идет ускоренным темпом.

В целом изменение пищевого, водного и биологического режимов, наряду с ухудшением ряда свойств смытых почв, приводит к падению их потенциального и эффективного плодородия и, как следствие, к снижению урожайности угодий (табл. 5).

5. Влияние интенсивности выпаса на продуктивность травостоя

Вариант опыта	Урожайность зеленой массы, т/га			
	2010 г.	2011 г.	2012 г.	Средняя
St	12,5	14,7	11,5	12,9
A ₁ B ₁	14,0	16,6	13,0	14,5
A ₁ B ₂	14,2	16,0	13,2	14,5
A ₁ B ₃	12,5	14,8	11,5	12,9
A ₂ B ₁	13,2	15,5	12,1	13,6

A ₂ B ₂	12,6	14,9	11,7	13,1
A ₂ B ₃	12,3	13,9	11,3	12,5
A ₃ B ₁	12,7	15,0	11,8	13,2
A ₃ B ₂	11,9	13,1	10,9	12,0
A ₃ B ₃	9,6	11,3	8,7	9,9
S _к , %	0,91	1,11	1,03	1,00
НСП ₀₅ , т/га	0,32	0,42	0,38	0,37

Из представленных данных можно сделать заключение, что при малой интенсивности выпаса (варианты 1/5, 1/10, 2/5) урожай колебался в пределах 13,6-14,5 т/га. При допустимых уровнях нагрузки (варианты 1/15, 2/10, 3/5) достоверных изменений урожайности не установлено. Варианты выпаса 2/15, 3/10, 3/15 являются чрезмерными и ведут к снижению урожайности (в среднем за 3 года) на 0,4-3,1 т/га, или на 3,25-23,65%.

Выводы. 1. Выпас ведет к распылению структуры верхнего (0-10 см) дернового горизонта. В варианте выпаса 3/15 содержание мегаструктуры сократилось в 10,6 раза, а пыли возросло в 2,26 раза. Объемная масса почвы увеличилась с 1,26 до 1,50 г/см³, объем твердой фазы – на 16,47%, некапиллярная пористость сократилась на 8,42%, капиллярная – на 8,05% со снижением водопрочности агрегатов – на 7,9% и водопроницаемости в 2,15 раза.

2. С продуктами эрозии терялось большое количество питательных веществ. При нормальной эрозии – в отсутствии выпаса, суммарные потери азота, фосфора и калия составили – 7,84 кг/га, при интенсивном (3/15) – 296,56 кг/га, или в 37,8 раза выше.

3. Как при малой интенсивности выпаса (1/5, 1/10, 2/5), так и при допустимых уровнях нагрузки (1/15, 2/10, 3/5) достоверных изменений урожайности не установлено (13,6-14,5 т/га). Варианты выпаса 2/15, 3/10, 3/15 являются чрезмерными, ведущими к снижению урожайности на 0,42-3,06 т/га, или на 3,25-23,65%.

Предложения производству. 1. На деградированных пастбищах необходимо принять режим выпаса с нагрузкой – одно стравливание до 10 голов (1/5, 1/10) или два стравливания по 5 голов (2/5) на 1 га. 2. На нормально функционирующих пастбищах применять одно стравливание с нагрузкой до 15 голов (1/15) или два стравливания до 10 голов (2/5, 2/10) на 1 га. 3. Исключить чрезмерный выпас скота – трехкратное стравливание с нагрузкой более 5 голов на 1 га (3/10, 3/15).

Литература

- Адин'яев, Э.Д. Приоритетные задачи земледелия горной зоны Северной Осетии. *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2012. – Т. 49. – № 4. – С. 20-28.
- Адин'яев, Э.Д. Влияние различных режимов использования пастбищ на проявление эрозийных процессов в Субальпийском поясе Северной Осетии // *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2013. – Т. 50. – № 2. – С. 52-55.
- Бясов К.Х. Эрозия почв в Северной Осетии и меры борьбы с ней. – Орджоникидзе: Ир, 1986. – 167 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
- Чирков Ю.И. Агрометеорология. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 296 с.
- Швебс Г.И. Формирование водной эрозии стока наносов и их оценка. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 182 с.

CHANGE IF SOIL FERTILITY UNDER THE EFFECT OF EROSION AND DIFFERENT PASTURAGE PRACTICES IN THE SUBALPINE ZONE

E.D. Adin'yaev

Gorskii State Agrarian University

ul. Kirova 37, Vladikavkaz, 362040 Republic of Northern Osetiya-Alaniya, Russia

E-mail: emik41@mail.ru. email:ggau@globalalania.ru

Changes in the agrophysical properties of mountain-meadow soils under the effect of erosion and different pasturage practices have been analyzed. Parameters of water runoff and soil erosion have been determined. Losses in N, P₂O₅, and K₂O with erosion products and the effect of pasturing intensity on the productivity of grasses have been shown. Recommendations for the rational use of mountain forage lands under erosion hazard conditions have been developed.

Keywords: soil structure, water stability, bulk density, texture, water permeability, water runoff, soil loss; nitrogen, phosphorus, and potassium removal; erosion products, pasturing practices.