

Наталья Евгеньевна Шупта¹, Софья Эрдыниева Бадмаева²

^{1,2}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹lidyayeva2010@mail.ru

²s.bad55@mail.ru

ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Цель исследования – рассмотреть подверженность агроландшафтов эрозионным процессам в зависимости от рельефных условий и экспозиции склонов для дальнейшего проведения агроландшафтного районирования. Полевые экспериментальные исследования проводились в 2018–2021 гг. на межуэстовой эрозионно-денудационной местности. Объекты исследования – южный и северо-западный склон местности с уклонами от 3 до 9 град. Был рассчитан эрозионный потенциал дождя за годы наблюдений на территории Балахтинского агроландшафта. Зависимость интенсивности дождей от их продолжительности имела вид степенных функций $f(T) = a_m/x$ (x – слой суточных осадков заданной обеспеченности при средней интенсивности a_m продолжительностью T мин). Для этого слой осадков был рассчитан на 1 % обеспеченности. Рельефные условия опытного участка (уклон поверхности) определялись с применением электронного тахеометра марки ES-55, стоковые площадки – высокоточным нивелиром марки SDL-55 (Япония). Схема опыта предусматривала шесть вариантов в зависимости от уклона поверхности в пяти повторностях. Для изучения эрозии от стока дождевых осадков применялись микролотки без ограждения стокофильтрующей площади. Минимальный (360,16 г/м²) срыв почвы отмечен в варианте с уклоном поверхности 3°, максимальный (424,76 г/м²) – с уклоном 9° на южном склоне. Эффект фактора «склон» проявился в статистически значимом ($p < 0,001$) превышении средней по годам и вариантам эрозии на северо-западном склоне в сравнении с южным склоном (401,48 против 377,90 г/м²). Эффект фактора «год» проявился в статистически значимом ($p < 0,001$) межгодовом варьировании усредненной по вариантам и склонам эрозии. Минимальная эрозия (374,99 г/м²) зафиксирована в 2019 г., максимальная (417,16 г/м²) – в 2021 г. Трехфакторный дисперсионный анализ сводной таблицы данных по южному и северо-западному склону, при котором в качестве факторов выступали «год», «вариант» и «склон», показал высокую статистическую значимость влияния всех указанных факторов на эрозию, а также всех эффектов взаимодействия факторов.

Ключевые слова: агроландшафты, эрозия, ливневые дожди, срыв, уклоны, склон

Для цитирования: Шупта Н.Е., Бадмаева С.Э. Эрозионные процессы в лесостепной зоне Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2026. № 4. С. 73–82. DOI: 10.36718/1819-4036-2026-4-73-82.

Natalia Evgenievna Shupta¹, Sofia Erdynievna Badmaeva²

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹lidyayeva2010@mail.ru

²s.bad55@mail.ru

EROSION PROCESSES IN THE FOREST STEPPE ZONE OF THE KRASNOYARSK REGION

The objective of the study is to examine the susceptibility of agricultural landscapes to erosion processes depending on relief conditions and slope exposure for further agricultural landscape zoning. Experimental field studies were conducted in 2018–2021 on the intercuesta erosion-denudation terrain. The study objects were the southern and northwestern slopes of the terrain with slopes from 3 to 9 deg-

rees. The erosion potential of rainfall over the years of observations was calculated for the territory of the Balakhtha agricultural landscape. The dependence of rainfall intensity on its duration had the form of power functions $f(T) = at/x$ (x is the daily precipitation layer of a given probability at an average intensity at for a duration of T min). For this purpose, the precipitation layer was calculated at 1 % probability. The relief conditions of the experimental site (surface slope) were determined using an ES-55 electronic tachometer, and the runoff plots were determined using an SDL-55 high-precision level (Japan). The experimental design included six variants depending on the surface dip, with five replicates. Microfluids without fencing of the runoff filter area were used to study erosion from rainfall runoff. The minimum (360.16 g/m^2) soil loss was observed in the variant with a surface slope of 3° , and the maximum (424.76 g/m^2) – with a slope of 9° on the southern slope. The effect of the "slope" factor was manifested in a statistically significant ($p < 0.001$) excess of the average erosion across years and variants on the northwestern slope compared to the southern slope (401.48 versus 377.90 g/m^2). The "year" factor effect manifested itself in statistically significant ($p < 0.001$) interannual variation in erosion averaged across variants and slopes. Minimum erosion (374.99 g/m^2) was recorded in 2019, while the maximum (417.16 g/m^2) was recorded in 2021. A three-way ANOVA of the summary data table for the southern and northwestern slopes, with "year," "variant," and "slope" as factors, revealed a high statistical significance for the influence of all of these factors on erosion, as well as for all interaction effects between the factors.

Keywords: agricultural landscapes, erosion, heavy rainfall, washout, dips, slope

For citation: Shupta NE, Badmaeva SE. Erosion processes in the forest steppe zone of the Krasnoyarsk Region. *Bulletin of KSAU*. 2026;(4):73-82. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2026-4-73-82.

Введение. Экологическая оценка природных ресурсов может быть осуществлена с позиции ландшафтного подхода. Ландшафт объединяет экологические показатели местности, такие явления, как оврагообразование, разлом земной коры, возникновение оползней и селей, эрозия и дефляция [1, 2]. С экологической точки зрения ландшафт является той нишей, которая охватывает взаимообусловленные и закономерные природно-климатические условия среды обитания. Сельскохозяйственные угодья, включающие в себя пахотные земли, сенокосы и пастбища, вовлеченные в хозяйственное использование, представляют собой антропогенный ландшафт или агроландшафт и являются самым распространенным видом ландшафта. Важнейшей характеристикой агроландшафтных систем является устойчивость и сбалансированность [3]. Понятие устойчивости применительно к ландшафтам можно трактовать таким образом. Хозяйственное использование ландшафта с целью извлечения максимальной прибыли, когда некоторые компоненты подвергаются антропогенному воздействию, такие как почвенный покров, биота, и способность ландшафта сохранять морфологическую структуру можно характеризовать как устойчивость данного ландшафта. Агроландшафты, вовлеченные в сельскохозяйственное производство, должны обладать устойчивостью и сбалансированностью во избежание нарушения основных компонентов.

Авторы [4, 5] подчеркивают, что: «...устойчивость агроландшафтов определяется способностью сохранять структуру при изменяющихся природных и антропогенных воздействиях, продолжая выполнять заданные экологические и социально-экономические функции в оптимальных пределах. Наиболее устойчивые компоненты ландшафта – его геологическая основа и рельеф, наименее устойчивые компоненты – это растительный покров и почвы. Организация и успешное функционирование экологически устойчивых агроландшафтов предполагают учет рельефных, почвенных, климатических и микроклиматических особенностей территории...». Порог устойчивости агроландшафта определяется воздействием на него факторов антропогенного, техногенного и естественного характера. В каждой конкретной природно-климатической зоне порог устойчивости агроландшафта имеет определенные пределы и критические величины воздействия и самым главным является сохранение основных компонентов [1, 6].

Суровые климатические условия наложили отпечаток на компоненты агроландшафта лесостепной зоны юга Красноярского края. Агроландшафты являются экологически неустойчивыми, и их интенсивное вовлечение в сельскохозяйственное производство приводит к негативным и деградиционным процессам. В современных условиях крайне ограничены мониторинговые исследования за состоянием земель-

ных ресурсов в целом и в частности за сельскохозяйственными угодьями. Этому способствовало реформирование земельных отношений, переход к многоукладному ведению сельскохозяйственного производства, упразднение многих региональных научно-исследовательских институтов, проводящих мониторинговые исследования за состоянием земельных ресурсов. В последние годы не было экспериментальных исследований по изучению проявления эрозии на изучаемом объекте. Повсеместно наблюдаются такие явления, как закустаривание, заболачивание, дефляция и эрозия [7–12]. В лесостепной зоне края последние десятилетия не проводились экспериментальные исследования по интенсивности проявления эрозионных процессов. Полученные результаты наших исследований позволят провести агроландшафтное районирование сельскохозяйственных угодий лесостепной зоны края в зависимости от уклонов поверхности и экспозиции склонов с целью оптимизации землепользования.

Цель исследования – рассмотреть подверженность агроландшафтов эрозионным процессам в зависимости от рельефных условий и экспозиции склонов для дальнейшего проведения агроландшафтного районирования.

Задачи: изучить влияние ливневых дождей на эрозионные процессы; рассчитать объем смыва почвенных частиц в зависимости от уклона поверхности.

Объекты и методы. Объекты исследования – южный и северо-западный склоны межуэстовой эрозионно-денудационной местности. Полевые исследования проводились в 2018–2021 гг. на территории Балахтинского муниципального образования. Рельефные условия опытного участка (уклон поверхности) определялись с применением электронного тахеометра марки ES-55, стоковые площадки – высокоточным нивелиром японского производства марки SDL-55. Для наблюдения за смывом почвы были заложены полевые опыты. Схема опыта предусматривала две экспозиции склонов: южный и северо-западный, – и шесть вариантов в зависимости от уклона поверхности (уклоны от трех до девяти градусов) в пяти повторностях. Для изучения эрозии от стока дождевых осадков применялись микролотки. Расчетные значения характеристик годового стока для агроландшафтных участков проведены методом интерполяции. Плоскостной смыв с агроландшафтов в результате выпадения ливневых дождей рассчитывали при помощи эрозионного ин-

декса дождей. Математическая обработка результатов исследований проводилась методом дисперсионного анализа с применением пакета программ SPSS.

Результаты и их обсуждение. Агроландшафты лесостепной и степной зоны Сибири экологически несбалансированы, что обусловлено резко континентальным климатом, где перепад ночных и дневных температур имеет высокие показатели градиентов. Ведение сельского хозяйства в таких суровых условиях накладывает отпечаток на состояние агроландшафта, возникают зачастую деградационные процессы, которые в черноземных почвах выражаются ухудшением качественного состава гумуса, переходом гуминовых кислот в агрессивные фульвокислоты. Основными негативными процессами на этих территориях являются эрозия и дефляция почв, пересыхание и обмеление небольших водотоков в летний период. Для устранения и прогнозирования этих процессов на агроландшафтах необходимы мониторинговые исследования, которые должны включать в себя как качественные, так и количественные показатели.

Балахтинский агроландшафт входит в состав земель Балахтинского муниципального образования. Состав земель сельскохозяйственных угодий представлен на рисунке 1. Пахотные земли занимают площадь 136 и 373 га, что составляет 58,1 % от всей площади сельскохозяйственных угодий, сенокосы и пастбища занимают площадь 36 609 и 51 365 га соответственно. В залежи находится 10 278 га земельных угодий, под многолетними насаждениями – 15 га, которые представлены насаждениями облепихи, смородины, жимолости.

Рельеф агроландшафта неоднородный, встречаются равнины межуэстовые с абсолютными высотами 350 м и возвышенные равнины с высотами поверхности до 400–450 м. Климат достаточно теплый и умеренно влажный, ГТК – 1,2. За год выпадает 300–400 мм осадков. Сумма активных температур выше 10 °С не превышает 1569 °С. Средняя температура января – 22 °С, июля – 17 °С, средняя температура за год – 1,9 °С. Испарение составляет за год 267 мм. Коэффициент континентальности достигает 88,9. Продолжительность безморозного периода не превышает 90–95 дней. Растительность представлена ассоциациями разнотравно-ковыльной степи, часто в сочетании с разнотравно-мелкодерновинными деградированными сообществами. Наибольшая залесенность характерна для низкорослых лесостепных терри-

торий. Почвенный покров представлен в основном комплексами черноземов выщелоченных и обыкновенных преимущественно тяжелосуглинистого гранулометрического состава [13]. Ле-

систость в среднем по агроландшафту достигает 60 %. Леса в основном мелколиственные травяные. На повышенных элементах рельефа наблюдается сильная и средняя эрозия.

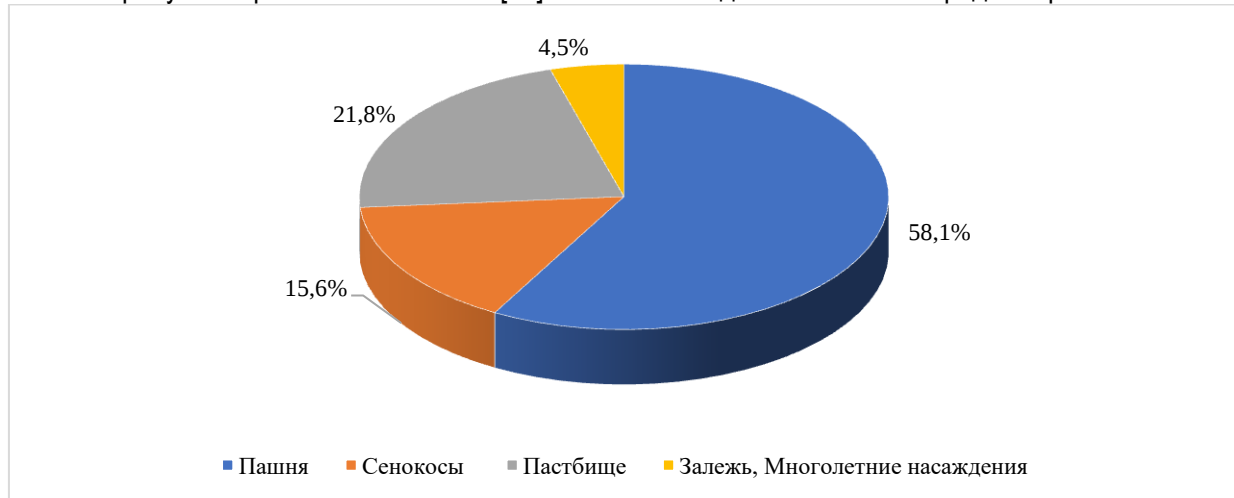


Рис. 1. Состав сельскохозяйственных угодий
Composition of agricultural land

По влагообеспеченности изучаемый агроландшафт относится к полузасушливому. Нами рассчитан слой и объемы годового и дождевого стока на сельскохозяйственных угодьях агроландшафта. На территории Балахтинского агроландшафта на полевом участке площадью 100 га зональное значение годового стока 5 %-й обеспеченности наблюдалось только на водосборах (F^1 , км²) с площадью более 79,7 км². Слой стока составил 54,5 мм или 54 400 м³. Годовой сток 50 %-й обеспеченности наблюдался на водосборах с площадью 104 км² и при этом слой стока был равен 29,0 мм, или 29 000 м³. При годовом стоке 95 %-й обеспеченности с площади водосбора в 141,8 км² на этом же полевом участке слой и объем годового стока составили соответственно 17,3 мм, или 17 300 м³. Максимальный расход дождевого паводка и объем дождевых вод 10 %-й обеспеченности за летний период составил $Q_{\text{мх.д}} 10 \% = 0,631 \text{ м}^3/\text{с}$; $W_{\text{д}} 10 \% = 2,80 \text{ тыс. м}^3$. Слой стока составил $h_{\text{д}} 1 \% = 10,4 \text{ мм}$. При 50 %-й обеспеченности

максимальный расход талых вод и объем талого стока составил $Q_{\text{мх.д}} 50 \% = 0,0108 \text{ м}^3/\text{с}$; $W_{\text{д}} 50 \% = -0,343 \text{ тыс. м}^3$. Потенциальная эрозионная опасность смыва от ливневых дождей E_{30} рассчитана как 16 мм²/мин, а $E_{15} = 29 \text{ мм}^2/\text{мин}$ и в целом характеризуется как сильная.

Проведен расчет потенциального смыва почвы на территории Балахтинского агроландшафта на приводораздельном участке склона из пяти отрезков протяженностью по 100 м с уклонами поверхности соответственно 3, 5, 6, 4, 2°. Почва – чернозем выщелоченный среднесуглинистого гранулометрического состава, среднесмытый. Коэффициент относительной смываемости $\Pi_0 = 1,3$. Для расчета потенциального смыва в соответствии с методическими указаниями [8] на территориях с эрозионной опасностью и разработки мероприятий по их устранению применена формула $\Delta_{\text{д}} = \Pi \cdot \Pi_0 \cdot P$.

В таблице 1 представлены исходные данные для расчета потенциального смыва.

Таблица 1

Расчет потенциального смыва Iculation of potential flushing

n	L	L _j	i _j	i	Π	Π ₀	m	P	Δ _д
1	100	100	3	3,0	0,08	1,3	0,3	19,6	2,20
2	100	200	5	4,0	0,08	1,3	0,4	106,7	11,95
3	100	300	6	4,7	0,08	1,3	0,4	171,0	19,17
4	100	400	4	4,5	0,08	1,3	0,4	108,7	12,17
5	100	500	2	4,0	0,08	1,3	0,4	44,0	4,93

В зависимости от эрозионного потенциала рельефа потенциальный смыл для каждого отрезка различается и может составить от 2,20 до 19,15 т/га в год.

На изучаемой территории плоскостная эрозия развита на всех пахотных почвах от слабой до очень сильной степени. Линейная эрозия проявляется локально в виде промоин, струйчатых размывов и молодых растущих оврагов. Более 50 % агроландшафтов расположены на землях равнинных, 25 % на склонах крутизной до 2°; 15 % сельскохозяйственных угодий на склонах крутизной от 2–6° и 10 % на склонах с крутизной выше 6°. Эти склоновые земли в основном используются как пастбища.

В условиях вегетационного периода 2018 г. наблюдалось выпадение двух ливневых дождей в течение 10 и 20 мин в июле, 2019 г. зафиксировано выпадение двух ливневых дождей в июле и августе слоем 42 и 31 мм соответственно. Август 2020 г. характеризовался выпадением двух ливневых осадков нормой 42 и 51 мм. В условиях 2021 г. отмечено выпадение ливневого дождя в июне интенсивностью 1,4 мм/мин; в июле – 3,4 мм/мин и августе – 1,9 мм/мин, продолжительностью от 10 до 16 мин со слоем от 25 до 55 мм. Интенсивность дождя зависит от слоя дождя и продолжительности (табл. 2).

Таблица 2

Расчет интенсивности дождя 1 % обеспеченности
Calculation of the rain intensity of 1 % security

Год	Дата	Продолжительность, мин	Слой, мм	Интенсивность, мм/мин
2018	15 июля	20	30	0,7
	26 июля	10	20	0,7
2019	22 июля	14	42	1,2
	12 августа	10	34	1,1
2020	10 августа	11	42	1,4
	19 августа	15	51	1,8
2021	26 июня	12	55	1,9
	20 июля	10	25	0,8
	18 августа	16	43	1,2

Трехфакторный дисперсионный анализ сводной таблицы данных по южному и северо-западному склону, при котором в качестве факторов выступали «год», «вариант» и «склон»,

показал высокую статистическую значимость влияния всех указанных факторов на эрозию, а также всех эффектов взаимодействия факторов (табл. 3).

Таблица 3

Результаты дисперсионного анализа влияния факторов «год», «вариант» и «склон» на эрозию
The results of the variance analysis of the influence of the factors «year», «variant» and «slope» on erosion

Источник варьирования	Показатель силы влияния, %	Статистическая значимость, p
Год	18,53	< 0,001
Вариант	27,08	< 0,001
Склон	9,75	< 0,001
Год*Вариант	20,52	< 0,001
Год*Склон	1,20	< 0,001
Вариант*Склон	12,20	< 0,001
Год*Вариант*Склон	10,72	< 0,001
Случайное варьирование	0,00	

Эффект фактора «год» проявился в статистически значимом ($p < 0,001$) межгодовом варьировании усредненной по вариантам и склонам эрозии. Минимальная эрозия ($374,99 \text{ г/м}^2$) зафик-

сирована в 2019 г., максимальная ($417,16 \text{ г/м}^2$) – в 2021 г. В 2018 и 2020 г. смыл был равен $384,77$ и $381,84 \text{ г/м}^2$ соответственно. (рис. 2).

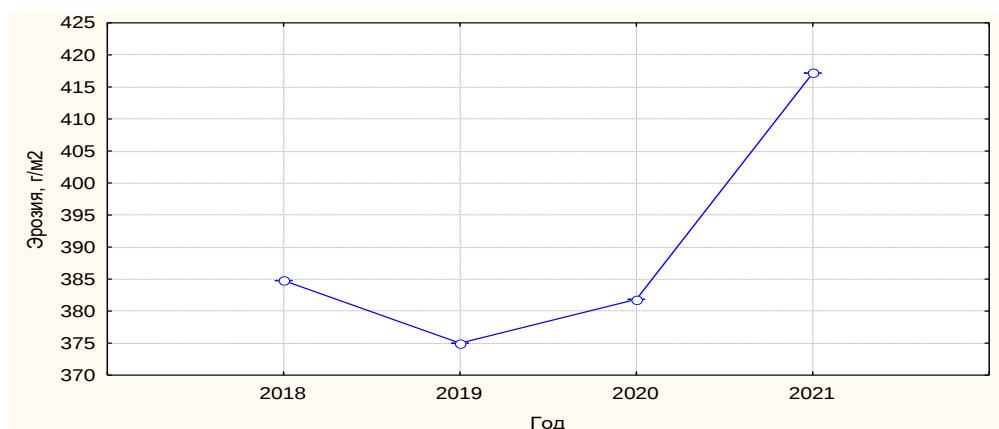


Рис. 2. Межгодовое варьирование усредненной по вариантам и склонам эрозии
Interannual variation of erosion averaged by variants and slope

Эффект фактора «вариант» проявился в статистически значимых ($p < 0,001$) различиях ме-

жду усредненной по годам и склонам эрозией в разных вариантах (табл. 4).

Таблица 4

Усредненная по годам и склонам эрозия в разных вариантах, (г/м^2)
Erosion averaged over years and slopes in different variants (g/m^2)

Вариант	Среднее	Стандартная ошибка	95 %-е доверительные границы для среднего	
			Нижняя	Верхняя
1	395,41	0,01	395,39	395,42
2	360,18	0,01	360,16	360,19
3	387,80	0,01	387,79	387,82
4	393,24	0,01	393,22	393,26
5	376,76	0,01	376,74	376,78
6	424,76	0,01	424,74	424,77

Эффект фактора «склон» проявился в статистически значимом ($p < 0,001$) превышении средней по годам и вариантам эрозии на северо-западном склоне в сравнении с южным склоном.

Смыл на северо-западном склоне составил $401,48 \text{ г/м}^2$, тогда как этот показатель на южном склоне был равен $377,90 \text{ г/м}^2$ (рис. 3).

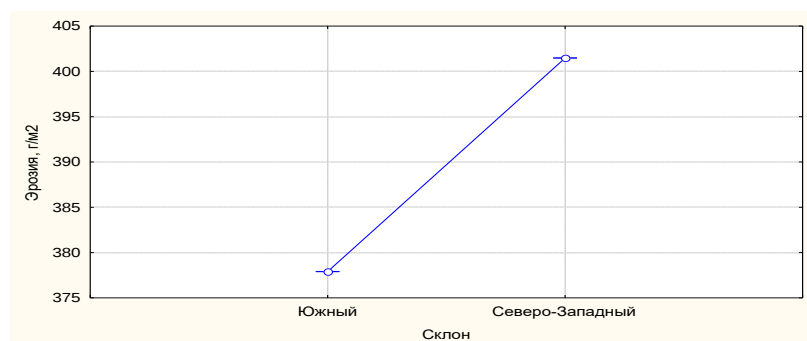


Рис. 3. Усредненная по годам и вариантам эрозия на разных склонах
Erosion averaged over years and variants on different slopes

Эффект взаимодействия год*вариант проявился в различиях межгодовой динамики средней по склонам интенсивности эрозии в разных вариантах (табл. 5).

Таблица 5

Межгодовая динамика усредненной по склонам эрозии в разных вариантах (г/м²)
Interannual dynamics of slope-averaged erosion in different variants (g/m²)

Год	Вариант	Среднее	Стандартная ошибка	95 %-е доверительные границы для среднего	
				Нижняя	Верхняя
2018	1	378,72	0,02	378,68	378,76
2019	1	396,65	0,02	396,61	396,68
2020	1	383,48	0,02	383,44	383,51
2021	1	422,78	0,02	422,74	422,82
2018	2	384,21	0,02	384,17	384,24
2019	2	319,16	0,02	319,13	319,20
2020	2	357,29	0,02	357,25	357,32
2021	2	380,05	0,02	380,01	380,09
2018	3	359,05	0,02	359,01	359,09
2019	3	405,20	0,02	405,17	405,24
2020	3	371,86	0,02	371,82	371,90
2021	3	415,10	0,02	415,06	415,14
2018	4	394,37	0,02	394,34	394,41
2019	4	366,75	0,02	366,71	366,79
2020	4	387,37	0,02	387,33	387,40
2021	4	424,47	0,02	424,43	424,51
2018	5	351,28	0,02	351,25	351,32
2019	5	386,89	0,02	386,85	386,93
2020	5	376,35	0,02	376,31	376,39
2021	5	392,53	0,02	392,49	392,57
2018	6	440,96	0,02	440,93	441,00
2019	6	375,31	0,02	375,28	375,35
2020	6	414,69	0,02	414,66	414,73
2021	6	468,06	0,02	468,02	468,09

Эффект взаимодействия год*склон проявился в несколько разной межгодовой динамике эрозии на южном и северо-западном склонах (рис. 4).

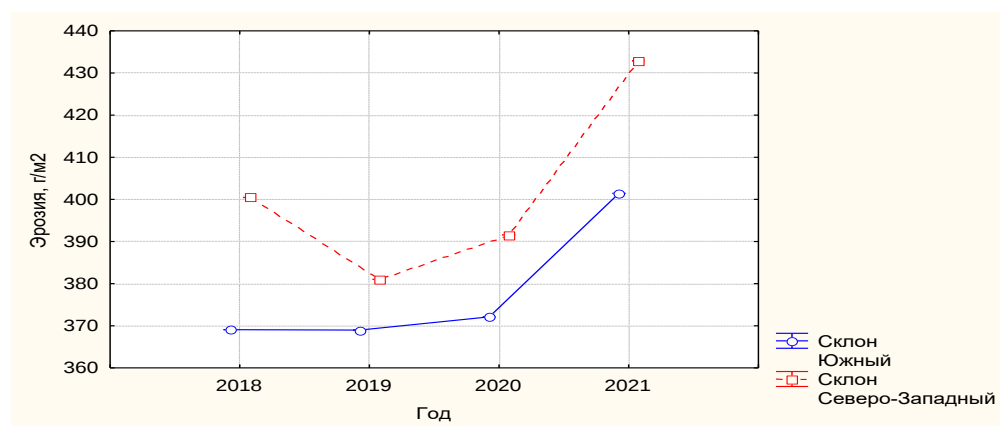


Рис. 4. Межгодовая динамика усредненной по вариантам эрозии на разных склонах
Interannual dynamics of erosion averaged by variants on different slopes

Эффект взаимодействия год*вариант*склон проявился в том, что зависимость межгодовой динамики эрозии от варианта на южном склоне

отличалась от таковой на северо-западном склоне (рис. 5).

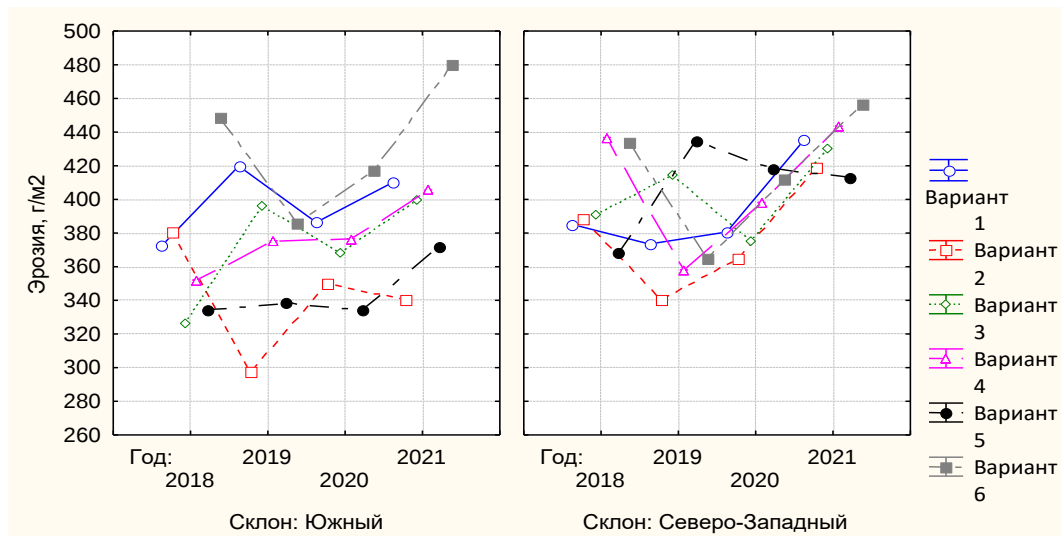


Рис. 5. Межгодовая динамика эрозии в разных вариантах на южном и северо-западном склоне
Interannual dynamics of erosion in different variants on the southern and north-western slopes

В зависимости от условий формирования ландшафтов, степени подверженности природным и антропогенным воздействиям применяют соответствующие почвозащитные мероприятия. Непрерывное поддержание ландшафтно-экологического равновесия и регулирование природных процессов в нужном направлении составляют основную задачу при организации территории, в т. ч. при создании агроландшафтов. Важную роль в стабилизации сбалансированного взаимодействия основных экологических систем агроценозов играют лесные насаждения.

Разработка мероприятий по защите агроландшафтов от эрозии включает в себя организационно-хозяйственные, агролесомелиоративные составляющие. На склоновых земельных угодьях в зависимости от крутизны склона должны быть предусмотрены определенные противоэрозионные мероприятия. На склонах крутизной более 3° рекомендуется создание стокорегулирующих лесных полос с размещением их в направлении горизонталей. Эти полосы закрепляют линейные элементы контурной организации территории, защищают нижележащие участки от смыва и размыва. Первая стокорегулирующая полоса размещается по нижней границе земель интенсивного использования, вторая полоса – по границе умеренного и ограниченного использования, третья – по границе приречного и гидрографического земельного фонда.

Лесные полосы проектируются в целях равномерного распределения снега, регулирования поверхностного стока с целью предупреждения, предотвращения и прекращения смыва и размыва. Агроландшафтная территория с лесомелиоративной системой характеризуется с показателями защитной лесистости, защищенности лесными насаждениями, облесенностью сельскохозяйственных угодий. В условиях ландшафтного земледелия лесные угодья рассматриваются как основной фактор, определяющий направленность развития и характер функционирования ландшафта с учетом всех условий, обеспечивающих возможность управления почвенными режимами как под лесом, так и на прилегающих сельскохозяйственных угодьях.

В местах с пересеченным рельефом и проявлением водной эрозии почв почвозащитное земледелие должно быть контурным, что дает возможность избежать создания тупиковых клиньев, эрозионно-опасных развальных борозд, свальных гребней и прочих нежелательных проявлений, нарушающих почвенный покров и рельеф местности.

Заключение. По исследуемой территории за годы наблюдений было установлено, что потенциальная эрозионная опасность от ливневых дождей сильная, так как расчетные показатели индекса ливневых дождей составляют $20,2 \text{ мм}^2/\text{мин}$ в среднем. По результатам наших

исследований выявлено, что за годы наблюдений с опытного участка, расположенного на южном склоне ливневыми дождями было смыто с поверхности почвы 3,0–4,8 т/га почвенных частиц в зависимости от уклона поверхности.

На северо-западном этот показатель составил 3,4–4,6 т/га. Минимальные значения характерны для варианта с уклонами 3–4°, а максимальные – с уклонами 8–9°.

Список источников

1. Голованов А.И., Кожанов Е.С., Сухарев Ю.И. Ландшафтоведение. М.: КолоС, 2005. 216 с.
2. Асанова Г.А., Мерзляков О.Э., Татаринцев В.Л., и др. Анализ устойчивости агроландшафтов в лесостепной зоне Красноярского края и мероприятия по их охране // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15, № 2. С. 264–274.
3. Бадмаева Ю.В., Морев И.О., Кудрин В.С. Устойчивость агроландшафтов Минусинской лесостепи Красноярского края // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 1. С. 93–96.
4. Демиденко Г.А. Роль ландшафтной основы при экологической оценке сельскохозяйственных земель // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6. С. 3–6.
5. Бадмаева С.Э., Евтушенко С.В., Меркушева М.Г., и др. Инновационные технологии повышения продуктивности агроландшафтов Восточной Сибири Красноярск: КрасГАУ. 2017. 376 с.
6. Демидов В.В., Макаров О.А. Физические основы почв: механизм, закономерности проявления и прогнозирование. М.: Макс Пресс. 2021. 192с.
7. Бадмаева Ю.В., Морев И.О. Влагообеспеченность агроландшафтов Минусинской лесостепи // Московский экономический журнал. 2021. № 10. С. 52 – 58.
8. Голубев И.А. Уточнение региональной методики расчета потенциального смыва почв от талых вод для северной лесостепи Средней Сибири // Известия Русского географического общества. 2023. Т. 155, № 3-4. С. 17–29.
9. Конокотин Н.Г., Конокотин Д.Н., Экономическая эффективность противоэрозионной организации территории // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2016. № 4. С. 29–33.
10. Кузнецов М.С., Демидов В.В. Эрозия почв лесостепной зоны центральной России: моделирование, предупреждение и экологические последствия. М.: Полтекс, 2002. 184 с.
11. Голосов В.Н. Водная эрозия почв в условиях изменений климата и землепользования: современное состояние и прогноз // Эрозия почв и русловые процессы. 2024. № 1. С.19–34.
12. Мальцев К.А., Ермолаев О.П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской части России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512.
13. Безруких В.А. Продуктивность почвенного покрова ландшафтов староосвоенных районов Красноярского края как экономическая предпосылка // Проблемы современной экономики. 2009. № 1.

References

1. Golovanov AI, Kozhanov ES, Sukharev Yul. *Landscape studies*. Moscow: KoloS; 2005. 216 p. (In Rus.).
2. Asanova GA, Merzlyakov OE, Tatarintsev VL, et al. Analysis of the sustainability of agrolandscapes in the forest-steppe zone of the Krasnoyarsk Territory and measures for their protection. *Sustainable development of mountainous territories*. 2023.;15(2):264-274. (In Rus.).
3. Badmaeva YuV, Morev IO, Kudrin VS. Sustainability of agro-landscapes of the Minusinsk forest-steppe of the Krasnoyarsk Territory. *Astrakhan Bulletin of Environmental Education*. 2021;1:93-96.
4. Demidenko GA. The role of landscape foundations in the environmental assessment of agricultural lands. *Bulletin of KSAU*. 2018;6:3-6. (In Rus.).
5. Badmaeva SE, Yevtushenko SV, Merkusheva MG, et al. *Innovative technologies for increasing the productivity of agricultural landscapes in Eastern Siberia*. Krasnoyarsk: KSAU; 2017. 376 p. (In Rus.).
6. Demidov VV, Makarov OA. *Physical foundations of soils: mechanism, patterns of manifestation and forecasting*. Moscow: Maks Press; 2021. 192 p. (In Rus.).
7. Badmaeva YuV, Morev IO. Moisture supply of agro-landscapes of the Minusinsk forest-steppe. *Moscow Economic Journal*. 2021;10:52-58. (In Rus.).

8. Golubev IA. Clarification of the regional methodology for calculating potential soil loss from melt water for the northern forest-steppe of Central Siberia. *Bulletin of the Russian Geographical Society*. 2023;155(3-4):17-29. (In Rus.).
9. Konokotin NG, Konokotin DN. Economic efficiency of anti-erosion organization of the territory. *Land management, cadastre and land monitoring*. 2016;4:29-33. (In Rus.).
10. Kuznetsov MS, Demidov VV. *Soil erosion in the forest-steppe zone of central Russia: modeling, prevention and environmental consequences*. Moscow: Poltex; 2002. 184 p. (In Rus.).
11. Golosov VN. Water erosion of soils in conditions of climate change and land use: current state and forecast. *Soil erosion and riverbed processes*. 2024;1:19-34. (In Rus.).
12. Maltsev KA, Ermolaev OP. Potential erosion losses of soil on arable lands of the European part of Russia. *Soil science*. 2019;12:1502-1512. (In Rus.).
13. Bezrukikh VA. Produktivnost' pochvennogo pokrova landshaftov staroosvoyennykh rayonov Krasnoyarskogo kraia kak ekonomicheskaya predposylka. *Problemy sovremennoy ekonomiki*. 2009;1. (In Rus.).

Статья принята к публикации 25.03.2026 / The article accepted for publication 25.03.2026

Информация об авторах:

Наталья Евгеньевна Шупта, соискатель кафедры кадастра застроенных территорий и геоинформационных технологий

Софья Эрдыниева Бадмаева, профессор кафедры кадастра застроенных территорий и геоинформационных технологий, доктор биологических наук, доцент

Information about the authors:

Natalia Evgenievna Shupta, Applicant for a scientific degree at the Department of Built-up Area Cadastre and Geoinformation Technologies

Sofia Erdynievna Badmaeva, Professor at the Department of Built-up Area Cadastre and Geoinformation Technologies, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor

