

Анализ влияния особенностей рельефа на развитие процессов линейной водной эрозии на пашне Ставропольского края

С.А. Антонов, к.г.н., ФГБНУ Северо-Кавказский ФНАЦ

В Ставропольском крае 92,3% (6107,1 тыс. га) от общей площади занимают земли сельскохозяйственного назначения. Сложные почвенно-климатические условия территории края лимитируют эффективность сельскохозяйственного производства. Так, для восточных районов края характерны крайне засушливые условия (годовое количество осадков составляет 365 мм), а для западных районов – неустойчиво влажные условия (592 мм). В Ставропольском крае отмечается изменение климата, которое имеет свои региональные особенности. Они выражаются в значительном росте температуры в отдельные месяцы (январь +1,5°C, февраль +1,6°C, март +1,8°C, август +2,0°C, октябрь +1,2°C) и в наличии восходящего тренда годовой суммы осадков, при это отмечается увеличение частоты и интенсивности осадков ливневого характера [1, 2].

В Ставропольском НИИСХ была разработана система «сухого земледелия» для крайне засушливой и засушливой зон края, которая опирается на активное использование чистых паров в указанных зонах для повышения производства зерна [3]. Региональные особенности изменения климата в Ставропольском крае требуют оптимизации количества и пространственного распределения чистых паров. Неконтролируемое использование

чистых паров на фоне увеличения осадков ливневого характера может провоцировать развитие водной и ветровой эрозии. Так, в июле 2018 г. в крайне засушливой зоне отмечалось превышение месячной нормы осадков в 7 раз, в отдельные дни они имели ливневый характер. Повторение подобных ситуаций на значительных площадях, занятых чистыми парами, может привести к резкому росту интенсивности водной эрозии [2].

Распределение почвенного покрова в Ставропольском крае подчинено законам вертикальной и горизонтальной зональности. На территории края представлены два типа почв: зона чернозёмов (занимает 47,4% территории) и зона каштановых почв (52,6%), которые преобладают в восточных районах [4].

Повышение интенсификации сельского хозяйства Ставропольского края крайне негативно сказывается на земельных ресурсах региона, что выражается в катастрофической утрате почвенного плодородия и приводит к развитию деградационных процессов.

В крае встречаются различные виды деградационных процессов: засоление, водная эрозия, дефляция, каменистость, переувлажнение и т.д. [5]. Их негативное воздействие может нанести значительный экономический ущерб сельскохозяйственной отрасли края.

Развитию деградационных процессов в Ставропольском крае способствуют прямолинейная организация территории, несоблюдение технологии возделывания сельскохозяйственных культур, отсутствие адаптации к новым природно-экономическим условиям и неконтролируемая распашка сенокосов и пастбищ, которые чаще всего располагаются на склоновых землях. Так, по данным спутникового мониторинга, в 2015 г. в крае выявлено 332,2 тыс. га незаконно распашанных сенокосов и пастбищ, на которых в настоящее время осуществляется активное возделывание сельскохозяйственных культур [6].

По данным дистанционного зондирования Земли, за 2015 г. в Ставропольском крае было выявлено 1931 тыс. га пахотных земель, подверженных линейной водной эрозии. При этом на площади 382 тыс. га отмечается значительное разрушение почвенного покрова данным видом деградации, что к 2026 г. может привести к недобору до 10% валовых сборов зерна озимой пшеницы [7].

Современные геоинформационные системы (ГИС) позволяют эффективно анализировать большие объёмы пространственных данных, которые можно получить из различных источников. Активное развитие технологий дистанционного зондирования Земли способствует широкому применению материалов космической съёмки в различных сферах экономики, в том числе и в сельском хозяйстве.

Первые работы в области использования ГИС для моделирования смыва почвы относятся к началу 80-х гг. XX в. Они проводились в США, и в результате был проведён расчёт потери почв на тестовом участке [8]. Дальнейшее развитие технологий позволило осуществлять динамическое моделирование водной эрозии на основании Лимбургской модели водной эрозии (LISEM), модели склонового эрозионного процесса, стохастической модели дождевой эрозии почв, созданной учёными ВНИИЗиЗПЭ [9], универсального уравнения потерь почв (USLE) [10] и т.д.

Важным элементом большинства моделей является характеристика морфометрических параметров рельефа изучаемой территории как одного из факторов развития процессов водной эрозии.

Основными источниками данных о рельефе выступают: топографические карты и планы разных масштабов, геодезическая и топографическая съёмки местности, стереофотограмметрическая и радиолокационная съёмка.

В настоящее время наиболее распространённым источником данных о рельефе местности является радиолокационная съёмка, на основании которой создаются цифровые модели рельефа (ЦМР). В основном ЦМР применяются для морфометрического анализа территории, в качестве основных характеристик выступают экспозиция склона, крутизна склона, граница водосбора, кривизна рельефа [11].

Широко распространённым источником данных о рельефе являются данные радарной топографической съёмки, которая была проведена в 2000 г. в рамках программы Shuttle radar topographic mission (SRTM). В результате была получена высотная характеристика большей части земного шара от 54° ю.ш. до 60° с.ш. пространственным разрешением 30 м/пиксель, высотная ошибка не превышает 6 м (рис. 1).



Рис. 1 – Цифровая модель рельефа Ставропольского края (SRTM)

Цель исследования – провести анализ морфометрических характеристик пашни Ставропольского края для выявления особенностей рельефа, оказывающих влияние на развитие процессов линейной водной эрозии.

Материал и методы исследования. Исследование проводилось на базе лаборатории ГИС-технологий ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр».

Анализ морфометрических характеристик был проведён на базе ЦМР (SRTM) для всех пахотных земель Ставропольского края, выделенных на основании дешифрирования мультиспектральных снимков высокого пространственного разрешения [7].

Основными источниками для получения данных дистанционного зондирования являются: Американская геологическая служба (USGS), Европейское космическое агентство (ESA), Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA).

К методам обработки данных дистанционного зондирования Земли относятся: атмосферная коррекция снимков, дешифрирование, создание синтезированных и индексных изображений.

К методам ГИС-технологий относятся: наложение объектов, работа с проекцией, пространственный запрос, построение буферных зон, анализ геометрии объектов, построение моделей крутизны и экспозиции склонов на основе ЦМР, анализ близости, создание мозаики космических снимков, расчёт зональной статистики.

Обработку и представление полученных результатов проводили математико-статистическими и графическими методами.

Результаты исследования. На базе ЦМР была построена модель пространственного распределения уклонов и экспозиций склонов пашни в среднем по территории края и в разрезе административно-территориальных единиц. На основании построенной модели уклонов для каждого контура пашни был рассчитан средний уклон, а анализ экспозиции осуществлялся на базе фактических значений без осреднения по контурам. Ранжирование уклонов было проведено по интервалам, которые в дальнейшем могут стать одним из параметров агроэкологической типизации земель сельскохозяйственного назначения в Ставропольском крае.

Установлено, что в Ставропольском крае преобладает пашня с уклоном 1–3°, общая площадь таких земель составляет 2332 тыс. га, или 57% от всей площади пашни. Относительно ровные участки пашни (уклон <1°) представлены на 36% площади (1460 тыс. га). Участки пашни с уклоном 3–5° занимают площадь 242 тыс. га, или 6%, при этом площадь наиболее эрозионно опасных участков пашни с уклоном >5° составляет 40 тыс. га.

Анализ уклона пахотных земель по административно-территориальным единицам Ставропольского края представлен в таблице 1.

Согласно полученным результатам, наибольший уклон пашни характерен для предгорных районов, расположенных на юге края (Предгорный, Минераловодский, Георгиевский), и районов, находящихся вблизи Ставропольской возвышенности (Шпаковский, Кочубеевский, Андроповский), что соответствует особенностям рельефа этих территорий.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что существующее пространственное положение пашни не является оптимальным с точки зрения борьбы с процессами водной эрозии, так как для выращивания продукции растениеводства в отдельных случаях используются эрозионно опасные участки с уклоном >5°.

В результате моделирования пространственного распределения экспозиций склонов на территории всех пахотных земель Ставропольского края установлено равномерное распределение экспозиций практически по всем сторонам света (10–11% пашни). Исключение составляют северо-восточная экспозиция (14% пашни), восточная (13%) и южная (12%). На плоские участки приходится 9% пашни (рис. 2).

Пространственный анализ экспозиций пахотных земель, подверженных водной эрозии, показал схожее со всей пашней распределение экспозиций по сторонам света за исключением снижения площадей с северной экспозицией на 1% и увеличения площадей с юго-западной экспозицией на 1%.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что выборка экспозиций деградированных участков пашни является частью генеральной со-

1. Уклон пашни в разрезе административно-территориальных единиц Ставропольского края

Административно-территориальная единица (район, округ)	Площадь пашни с определённым уклоном, %			
	<1°	1–3°	3–5°	>5°
Александровский	25	60	12	3
Андроповский	25	60	13	3
Апанасенковский	48	50	2	0
Арзгирский	38	58	4	0
Благодарненский	37	59	4	0
Будённовский	37	58	5	1
Георгиевский	26	60	12	2
Грчёвский	32	61	7	1
Изобильненский	35	58	6	1
Ипатовский	42	55	3	0
Кировский	31	60	8	1
Кочубеевский	28	58	11	3
Красногвардейский	43	54	3	0
Курской	40	57	3	0
Левокумский	39	57	4	0
Минераловодский	18	58	19	6
Нефтекумский	42	56	3	0
Новоалександровский	39	57	4	0
Новоселицкий	34	61	5	0
Петровский	35	59	6	1
Предгорный	15	54	22	9
Советский	34	59	6	1
Степновский	40	56	3	0
Труновский	41	55	3	0
Туркменский	41	56	3	0
Шпаковский	26	60	12	2



Рис. 2 – Процент площади пахотных земель Ставропольского края различных экспозиций

вокупности всей пашни и явно не указывает на преобладание какой-либо экспозиции в качестве фактора, оказывающего влияние на развитие процессов водной эрозии.

Для получения количественной оценки проявления водной эрозии нами были использованы возможности пространственного анализа ГИС-технологий. В результате был проведен расчёт соотношения длины эрозионного размыва и площади контура пашни, на котором он представлен. В качестве единиц измерения были использованы м/га (табл. 2).

Оценка морфометрических характеристик пашни на основе средней интенсивности проявления водной эрозии показала преобладание деградиро-

2. Средняя интенсивность эрозии на участках с различными морфометрическими характеристиками

Морфометрические характеристики	Средняя интенсивность эрозии м/га
Уклон территории	
<1°	8,9
1–3°	17,3
3–5°	20,0
>5°	18,4
Экспозиция склона	
северная	9,2
северо-восточная	11,1
восточная	15,2
юго-восточная	17,5
южная	19,1
юго-западная	17,8
западная	12,2
северо-западная	11,5
плоские участки	4,7

ванных земель на территориях с уклоном 3–5°. На данных участках на 1 га пашни приходится 20 м эрозионных размывов. При этом для участков с уклоном >5° этот показатель составляет 18,4 м/га, что, на наш взгляд, связано с маленьким объёмом выборки подобных земель (12 тыс. га). При уменьшении уклона отмечается закономерное снижение интенсивности эрозии.

Анализ экспозиций склонов деградированных земель и средней интенсивности водной эрозии показал, что наиболее подвержены данному виду деградации склоны южной экспозиции, интенсивность эрозии на которых составляет 19,1 м/га, для юго-западной экспозиции – 17,8 м/га, юго-восточной – 17,5 м/га. Наименее подверженные – плоские участки пашни (4,7 м/га) и участки с северной экспозицией (9,2 м/га).

Выводы. Полученные нами результаты свидетельствуют о преобладании процессов водной эрозии на пашне с уклонами более 3°, что наряду с прямолинейной организацией территории и тенденцией к выпадению осадков ливневого характера способствует формированию интенсивных водотоков. Установлено влияние на развитие процессов водной эрозии склонов тёплых экспозиций (юго-восточная, южная, юго-западная), что связано с обильным снеготаянием в весенний период за

счёт дополнительно поступающего тепла. В случае увеличения количества осадков в зимний период роль этого фактора будет возрастать.

Для повышения эффективности определения факторов развития водной эрозии в крайне неоднородных почвенно-климатических условиях Ставропольского края необходимо рассматривать их в комплексе, учитывая помимо морфометрических характеристик и особенности почвенного покрова, а также важную роль каркаса из полезащитных лесных полос.

Особую роль при проведении подобных исследований играют современные информационные технологии, в частности ГИС-технологии и данные дистанционного зондирования Земли.

Литература

1. Антонов С.А. Тенденции изменения климата и их влияние на земледелие Ставропольского края // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (66). С. 43–46.
2. Информационно-аналитическая система «АГРОКЛИМАТ». [Электронный ресурс]. Михайловск: ГНУ Ставропольский НИИСХ Россельхозакадемии, 2012. URL: <http://climate.sniish.ru/> (Дата обращения: 13.11.2018 г.).
3. Петрова Л.Н., Желнакова Л.И. Система сухого земледелия и пути её совершенствования в Ставропольском крае // Защитное лесоразведение и мелиорация земель в степных и лесостепных районах России. Итоги и опыт за 50 лет, задачи на ближайшую перспективу: матер. всерос. науч.-практич. конф. М., 1999. С. 66–72.
4. Кулинцев В.В., Годунова Е.И., Желнакова Л.И. и др. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография. Ставрополь, 2013. 520 с.
5. Письменная Е.В. Мониторинг состояния земель сельскохозяйственного назначения центрального Предкавказья / Е.В. Письменная, В.А. Стукалов, А.В. Лошаков [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. 2016. №1 (21). С. 123–126.
6. Trukhachev V.I., Esaulko A.N., Antonov S.A., Loshakov A.V., Sigida M.S. etc. Water Erosion Monitoring On The Territory Of Agrolandscapes Stavropol Territory By Remote Methods // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. November–December 2018. № 9(6). Pp. 1766–1769.
7. Антонов С.А. Оценка развития процессов водной эрозии на территории агроландшафтов Ставропольского края и их влияние на продуктивность / С.А. Антонов, А.Н. Есаулко, М.С. Сигида [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 1 (29). С. 67–72.
8. Лурье И.К. Геоинформатика. Учебные геоинформационные системы. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1997. 115 с.
9. Сухановский Ю.П. Модель с программным обеспечением для прогнозирования дождевой эрозии почв для пахотных земель. Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2007. 24 с.
10. Wischmeier W.N., Smith D.D. Predicting rainfall erosion losses // USDA Agr. Handbook № 537. Washington, 1978. 61 p.
11. Булыган С.Ю., Ачасов А.Б. Лисецкий Ф.Н. Использование интегрального анализа данных дистанционного зондирования и цифровых моделей рельефа при картографировании почвенного покрова Черноземной зоны // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 2012. № 21 (140). С. 143–153.