

ВОДНАЯ И ВЕТРОВАЯ ЭРОЗИЯ НА ЦЕЛИННЫХ ЗЕМЛЯХ

В ПЕРИОД ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Усиление антропогенного вмешательства способствует ускорению смыва и выноса поверхностного плодородного слоя почвы с пашни при развитии процессов водной и ветровой эрозии. Часто потери почв многократно превышают темпы естественного почвообразования. В настоящее время обострилась проблема развития эрозионных процессов на целинных землях Западной Сибири и Северного Казахстана, освоенных в 1950–1960-х годах. Распашка целины способствовала резкому усилению водной и ветровой эрозии. Авторы статьи привели оценки темпов эрозионных процессов при развитии ливневого смыва, полученные на основе применения эрозионных моделей. Они обращают внимание на необходимость применения полевых методов для верификации расчетов по эрозионным моделям и рекомендуют полевые и дистанционные методы оценки водной и ветровой эрозии почв.

Потери плодородного горизонта почвы вследствие развития водной и/или ветровой эрозии наблюдаются практически на всех сельскохозяйственных землях, хотя их интенсивность в пределах различных территорий изменяется в разы (Borrelli et al., 2007, Shepherd et al., 2016). При этом на каждом континенте есть территории с максимальными темпами водной эрозии (GolosoV & Walling, 2019). Согласно отчету ФАО (Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН), более 99,7% получаемой человечеством пищи добывается благодаря почве, при этом показатели почвообразования отстают от потерь плодородия почвы в 10–14 раз. В Казахстане в связи с климатическими условиями распространены как ветровая эрозия, интенсивность которой была особенно значительна в годы освоения целинных земель (Пашков, Пигалев, 2016), так и водная, проявляющаяся как в период весеннего снеготаяния, так и при выпадении ливней в теплое время года. Значительная доля эродированных земель приходится на земли севера Казахстана, где в период 1954–1960 годов было распахано 25,5 млн. га целинных и залежных земель. В Российской Федерации в этот же период площади пашни выросли на 16,5 млн. га (Левыкин и др., 2018). Первые задокументированные факты формирования крупных очагов эрозии почв в Казахстане были связаны с началом освоения целинных земель в Целинном крае, который объединял Акмолинскую, Костанайскую, Кокшетау-

скую, Павлодарскую и Северо-Казахстанскую области (Мусагалиева, Мусабекова, 2020). Массовая распашка земель привела к увеличению поверхностного стока воды и росту объемов наносов, поступающих в русла малых рек. На основе детального сопоставления разновременных топографических карт для российского Зауралья было установлено сокращение протяженности малых рек вследствие их заиления после массовой распашки земель (Голосов, Иванова, 1993). Можно предположить, что в это же время произошло заиление и частичное отмирание малых рек и в целинных регионах Казахстана, обусловленное аналогичными причинами. Сокращение протяженности сети постоянных водотоков автоматически привело к росту протяженности сухоходольной сети. Большая часть наносов, смываемых с пашни, стала переоткладываться в сухоходольной сети, что привело к сокращению потока наносов в постоянные водотоки.

Одновременно значительные потери плодородного слоя от сильной ветровой эрозии в 1950–1960-х годах привели к сокращению площади пахотных земель в степных зонах России и Казахстана уже к началу 1970-х годов. Но наиболее значимые изменения в землепользовании произошли в начале 1990-х годов, когда прежде всего в степных регионах России, примыкающих к границе с Казахстаном, забрасывались пахотные земли на значительных площадях (Левыкин и др., 2018).

В Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов

географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в 1980-е годы проводились разномасштабные исследования водной и ветровой эрозии почв, охватывающие всю территорию СССР. По единой методике* была проведена оценка темпов эрозии почв, в том числе для всех районов целинного освоения России и Казахстана (Ларионов, 1992). Следует отметить, что, помимо расчетов по эрозионным моделям, также проводились детальные полевые исследования по оценке эрозии почв на ключевых объектах, включающие набор традиционных и новейших методов. В частности, наряду с почвенно-морфологическим методом, позволяющим оценить потери почвы на пашне и аккумуляцию смытых наносов в нижних частях склонов и в днищах сухоходольной сети, использовался радиоцезиевый метод, при котором в качестве маркера применялся изотоп цезия-137 (Голосов, 2000).

Данный изотоп имеет техногенное происхождение и выпадал из атмосферы в период с 1954-го до конца 1970-х. Максимум его выпадения пришелся на 1963 год, когда был подписан договор между СССР и США о запрещении испытаний ядерного оружия в открытой атмосфере. Ключевые водосборы, на которых проводились исследования, располагались в степной зоне России (в Тозком районе Оренбургской области и Шелаболихинском районе Алтайского края). Полученные результаты позволили установить, что расчеты темпов

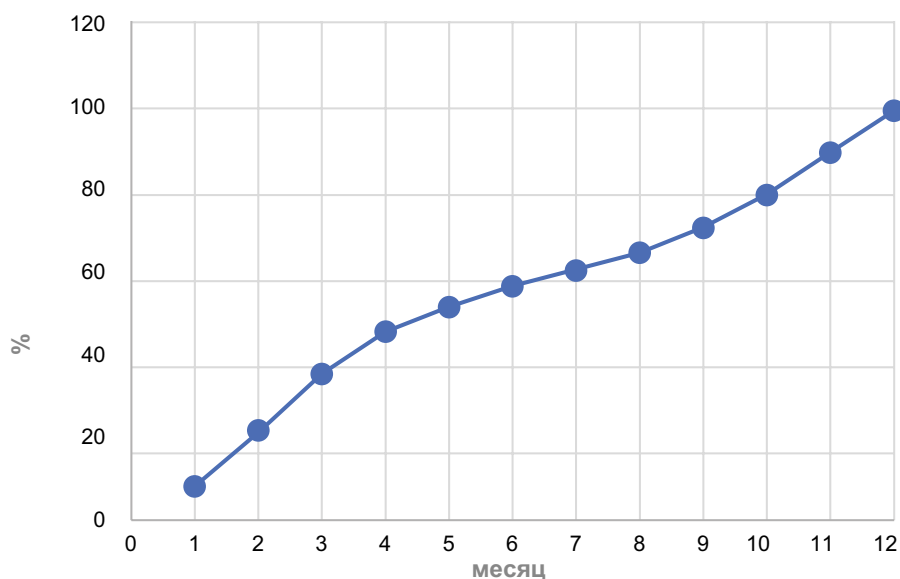
*Методика базировалась на основе модифицированного для условий Северной Евразии универсального уравнения эрозии почв (USLE) для оценки смыва в период выпадения ливней и модифицированного уравнения Государственного гидрологического института для оценки смыва при талом стоке.



Проявление водной эрозии в Астраханском районе Акмолинской области. Май 2021 г.

смыва по эрозионным моделям в целом позволяют получать адекватные величины потерь почвы при смыве от талых и ливневых вод. Однако для выявления пространственных закономерностей размещения зон смыва различной интенсивности желательнее проводить полевую верификацию расчетных данных. Важно отметить, что целинные земли степной зоны Предуралья, юга Западной Сибири и севера Казахстана в равной мере были подвержены как ливневому, так и талому смыву. Причем талый сток и смыв наблюдались практически ежегодно (табл. 1).

Выполненные в рамках той же программы исследования расчеты дефляционного потенциала ветра для территории Северной Евразии позволили прийти к выводу, что юг Западной Сибири и большая часть Казахстана относятся к зоне с максимальными для Северной Евразии значениями дефляционного потенциала ветра при пороговой скорости 11 м/сек., который составляет 30 единиц, а в пределах Казахского мелкосопочника даже



Внутригодовое распределение дефляционного потенциала ветра на юге Западной Сибири и в Казахстане (по данным Ларионова, 1992). Наклон графика отражает приrost в конкретный сезон или месяц

Таблица 1. Интенсивность плоскостной эрозии почв в водосборах ложбины и потяжины за 1989–2014 гг. в период снеготаяния на юге Западной Сибири (Евсеева и др., 2016)

Интенсивность развития плоскостной эрозии	Водосбор ложбины, площадь 5 га		Водосбор потяжины, площадь около 3 га	
	Годы	%	Годы	%
Весьма опасный процесс, 10–15 м ³ /га × год	1991, 1992, 2000, 2005	16	1991, 1992, 1997, 1998, 1999, 2003, 2004, 2007, 2009–2012	48
Опасный процесс, 5–10 м ³ /га × год	1996, 2007, 2012	12	1989, 1990, 1995, 2000, 2001, 2005, 2006, 2013, 2014	36
Умеренно опасный, 2–5 м ³ /га × год	1989, 1990, 1993, 1997, 1998, 1999, 2001, 2003, 2004, 2006, 2008, 2009–2011, 2013	60	1994, 1996	8
Незначительный, менее 2 м ³ /га × год	1994, 1995, 2014	12	2008	8



Водная эрозия на сельскохозяйственных угодьях

больше 30 из-за особенностей рельефа (Ларионов и др., 1988). Высокий дефляционный потенциал ветра в данной части Казахстана указывает на большую вероятность проявления сильной ветровой эрозии, что следует учитывать особенно в зимне-весенний период. Рекомендуется сократить долю паровых полей и полей с боронованной зябью на зимне-весенний период.

Следует учитывать и внутригодовое распределение эрозионного потенциала ветра. Для региона юга Западной Сибири и Казахстана значительная доля приходится на холодное время года (см. график).

Известно, что потепление климата началось с середины 1970-х годов, но значительно ускорилось в 1990-е годы и продолжается до настоящего времени. Таким образом, прошло уже более 30 лет с начала периода роста глобальной температуры воздуха. Одновременно на этот период пришелся распад СССР и экономические трудности, возникшие во вновь образованных независимых государствах, которые в том числе затронули сельскохозяйственное производство. В равной мере это коснулось и исследований по оценке развития эрозионных

процессов на сельскохозяйственных землях целинных районов, которые в 1990-е годы по существу не проводились.

В последние десятилетия в Казахстане исследования по оценке эрозии активизировались (см. фото). В частности, дана полуколичественная оценка развития водной и ветровой эрозии на сельскохозяйственных угодьях в республике (Маулен, 2022). На основе расчетов по модели USLE дана оценка смыва почв в условиях малых речных бассейнов Алтайских гор (Маханова и др., 2020; Тұрыспекова и др., 2022), проанализированы факторы оврагообразования в Северном Казахстане (Пашков, Тайжанова, 2016), охарактеризована потенциальная эродруемость полузасушливых степных почв (Koza et al., 2022), проведено моделирование агентов ветровой эрозии (Пашков, Пигалев, 2016; Koza et al., 2021). В итоге для ряда территорий получены расчетные величины смыва почв, которые варьируют в широких пределах (табл. 2). При отсутствии верификации расчетных величин на основе натурных исследований процессов смыва при стоке талых и ливневых вод или использовании косвенных методов оценки интенсивности эрозионных процессов достоверность

полученных данных невозможно оценить. И, следовательно, они не могут быть использованы для разработки почво- и водоохраных мероприятий. В ряду выполненных исследований с использованием эрозионного моделирования выделяется работа по прогнозной оценке изменений эрозионного индекса осадков в Центральной Азии, включая и Казахстан (Duulatov et al., 2021). В этой работе на основе ансамбля климатических моделей оценены тренды изменений эрозионного индекса осадков и смыва почв при выпадении ливневых дождей на период до 2070 года. Согласно полученным данным, возможен только незначительный (порядка нескольких процентов) рост эрозионного индекса осадков и, как следствие, темпов смыва. Причем это будет происходить на фоне усиления неравномерности выпадения дождей. В результате следует ожидать роста потерь плодородия почв и снижения урожайности сельскохозяйственных культур.

К сожалению, исследований по оценке смыва почв при талом стоке при современных климатических условиях не проводится. Между тем, судя по данным наблюдений, не просматривается общих направленных временных тенденций в ходе максимальных расходов воды незарегулированных рек Северного Казахстана (Гальперин, 2013). Это позволяет говорить о том, что смыв почвы при снеготаянии как минимум остается на прежнем уровне.

Наконец, опубликованные в последние десятилетия работы по определению водной эрозии при выпадении ливней для Казахстана не имеют доказательной базы в виде верификации результатов оценки смыва почв, то есть опираются на расчетные значения, полученные в камеральных условиях. Конечно, лучше всего оценка точности может быть проведена на основе сопоставления с данными, полученными в ходе полевых исследований и на стоковых станциях. В случае отсутствия такой возможности может быть использован модуль стока взвешенных наносов рек, регистрируемый на гидрологических постах. Однако на реках Горного Алтая функционируют всего 27 пунктов наблюдений, из них

Таблица 2. Некоторые оценки современных темпов смыва почв в ряде регионов Республики Казахстан, полученные на основе использования модели RUSLE и опорных разрезов

Территория исследования	Предмет исследования	Темпы смыва, т/га/год	Математическая модель	Источники
Река Улан (левый приток Иртыша)	Эрозия почв	3,4	RUSLE	Тұрыспекова и др., 2022
Семипалатинский ядерный полигон (ВКО, Павлодарская, Карагандинская области)	Эрозия почв	0,356	RUSLE	Асылбекова и др., 2021
Река Нура	Эрозия почв	0,13–3,15	RUSLE	Токсанбаева и др., 2021
Река Жыланды	Эрозия почв	189,17	RUSLE	Маханова и др., 2020
Северо-Казахстанская область, ТОО «Кызыл Тан»	Эрозия почв	19,5–21,9	Опорные профили	Озеранская, 2015

непосредственно на реках казахстанской части левобережья реки Ертис (Иртыш) из 13 постов к 1990-м годам XX века проводились наблюдения в пяти стационарах, которые к 2015 году полностью прекратили свое существование (Чигринцев, Байсакова, 2014; Апсартова, Чигринцев, 2015). Однако для верификации темпов смыва при ливнях данные по стоку наносов рек непригодны, поскольку большая часть смытых наносов переоткладывается в нижних частях склонов и в суходольной сети.

В этой связи наиболее оптимальным методом для оценки смыва и ветровой эрозии в пределах целинных земель Казахстана и юга Западной Сибири является радиоцеизевый, который может успешно использоваться на сельскохозяйственных землях Республики Казахстан. Данный метод, а также комплекс других современных методов исследования, включая дистанционные, наряду с современными эрозионными моделями широко используются в научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов географического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова.

При лаборатории создан Научно-образовательный центр (НОЦ), который предлагает ряд учебных программ по тематике защиты почв от эрозии и загрязнения поверхностных вод продуктами смыва почв и транспортируемыми совместно с ними загрязняющими веществами. Также образовательные программы НОЦ охватывают такие темы, как качество воды и водопользование, гидрохимия, геоэкология, академические навыки для молодых ученых, научные медиакоммуникации. Почти все программы являются программами повышения квалификации. После их окончания слушатели получают удостоверение МГУ имени М. В. Ломоносова государственного образца.

Ознакомиться с программами профессионального дообразования и подать заявку на обучение можно на сайте: <https://progeografiu.ru/programs/>.

Е. А. Шынбергенов,
старший преподаватель
Кызылординского университета
имени Коркыт Ата,
канд. геогр. наук,
научный стажер географического
факультета МГУ
имени М. В. Ломоносова

В. Н. Голосов,
ведущий научный сотрудник,
доцент, доктор географических
наук МГУ имени М. В. Ломоносова

В материале использованы
фото редакции журнала
«Аграрный сектор»

ЛИТЕРАТУРА

1. Апсартова А. Ж., Чигринцев Л. Ю. Оценка водно-эрозионной деятельности рек казахстанской части левобережья реки Ертис с использованием данных о твердом стоке. // Гидрометеорология и экология. 2015. № 3 (78). С. 105–117.
2. Асылбекова А. А., Мукалиев Ж. К., Жеңісова Н. Е./ГАЖ технологияларын пайдалана отырып, топырақ эрозиясын бағалау тәсілдерін жетілдіру. // Хабаршы. География сериясы. № 4 (63), 2021. С. 15–24. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v63.i4.02>.
3. Гальперин Р. И. Высокие половодья в северной половине Казахстана. Вопросы географии и геоэкологии, 2013. С. 3–10.
4. Голосов В. Н. Использование радиоизотопов при исследовании эрозионно-аккумулятивных процессов. Геоморфология, № 2, 2000. С. 26–33.
5. Голосов В. Н., Иванова Н. Н. Особенности заиления малых рек зоны интенсивного сельскохозяйственного освоения. // Водные ресурсы. 1993. № 6. С. 684–688.
6. Евсеева Н. С., Квасникова З. Н., Каширо М. А., Батманова А. С., Алеев В. В. Смыв почвы тальми снеговыми водами на склонах (по материалам стационарных наблюдений в Томской области). // Геоморфология, 2016. № 1. С. 45–54.
7. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. – М.: Издательство МГУ, 1992, 200 с.
8. Ларионов Г. А., Митяева Г. Т., Литвин Л. Ф., Белоцерковский М. Ю., Ажигиров А. А., Жаркова Ю. Г., Кирюхина З. П. Эрозионно-дефляционные земли сельскохозяйственной зоны СССР. География опасных природных явлений. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. С. 91–102.
9. Левыкин С. В., Семенов Е. А., Чибилев А. А. (мл.), Петрищев В. П. Проблемы землепользования и пространственного развития степных регионов. – М.: РУСАЙНС, 2018. 216 с.
10. Маулен Ж. Е. Анализ эрозии сельскохозяйственных угодий в Республике Казахстан. // The scientific heritage. 2022. № 87–1. С. 16–20.
11. Маханова Н. Б., Берденов Ж. Г., Абильдинов К. К., Мендыбаев Е. Х. Оценка эрозии почв по модели «RUSLE» бассейна реки Жыланды. // Хабаршы. География сериясы. 2020. № 4 (59). С. 56–69. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2020.v59.i4.05>.
12. Мусалалиева А. С., Мусабекова Р. М. Деятельность ВНИИ зернового хозяйства в рамках борьбы с эрозиями почв в целинных районах Казахстана (1960–1970-е гг.). // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4. История. Регионоведение. Международные отношения, 2020. Т. 25, № 3. С. 31–44. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu4.2020.3.3>.
13. Озеранская Н. Л. Направления организации территории в агроландшафтах Северного Казахстана. // Земельные и водные ресурсы: мониторинг эколого-экономического состояния и модели управления. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 10-летию Института землеустройства, кадастров и мелиорации. 2015. С. 41–44.
14. Пашков С. В., Байбусинова С. Б. Природно-агрогенная обусловленность плодородия почв Северного Казахстана. // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т. 23. № 2. С. 16–27. DOI: <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2017-23-2-16-27>.
15. Пашков С. В., Пигалев А. В. Дефляция почв Северо-Казахстанской области. // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т. 22. № 2. С. 14–25.
16. Пашков С. В., Тайжанова М. М. Детерминанты овражной эрозии в Северном Казахстане. // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2016. № 4. С. 50–63.
17. Токсанбаева С. Т., Рамазанова Н. Е., Тусупбеков Ж. А. Оценка эрозии почв по модели «RUSLE» бассейна реки Нура. // Хабаршы. География сериясы. 2021. № 2 (61). С. 108–119. <https://doi.org/10.26577/JGEM.2021.v61.i2.10>.
18. Чигринцев Л. Ю., Байсакова М. К. Исследование и расчет максимального стока воды рек Казахстанского Алтая. // Гидрометеорология и экология. 2014. № 3 (74). С. 120–134.
19. Borrelli P., Robinson D. A., Fleischer L. R., Lugato E., Ballabio C., Alewell C., Meusburger K., et al. An assessment of the global impact of 21st century land use on soil erosion. Nat. Commun., 38, 2017, pp.1–13.
20. Duulatov, E., Chen, X., Issanova, G., Orozbaev, R., Mukanov, Y., & Amanambu, A. C. (2021). Projected Rainfall Erosivity and Soil Erosion in Central Asia. In Current and Future Trends of Rainfall Erosivity and Soil Erosion in Central Asia (pp. 27–46). Springer.
21. Golosov, V., Walling, D., 2019. Erosion and sediment problems: global hotspots. UNESCO Digital Library. UNESCO, Paris. <https://unesdoc.unesco.org/ark>.
22. Shepherd, G., Terradellas, E., Baklanov, A., Kang, U., Sprigg, W., Nickovic, S., Boloorani, A. D., Al-Dousari, A., Basart, S., Benedetti, A., and Sealy, A.: Global assessment of sand and dust storms, United Nations Environment Programme, Nairobi, 2016.