

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 551.4.042

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-3(55-63)

А.Г. ШАРИФУЛЛИН*, А.М. ГАФУРОВ*, В.Н. ГОЛОСОВ*, А.П. ДВИНСКИХ*, Р.А. МЕДВЕДЕВА***

*Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, Казань, ул. Кремлёвская, 18, Россия, luleo123@mail.ru, gafurov.kfu@gmail.com, gollossov@gmail.com, Aleksandr.Dvinskih@ksu.ru, gregina8@mail.ru

**Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия, gollossov@gmail.com

***Институт географии РАН, 119017, Москва, Старомонетный пер., 29, стр. 4, Россия, gollossov@gmail.com

**ДИНАМИКА СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА ПАХОТНЫХ ЗЕМЛЯХ
ЗАПАДНОГО ПРЕДКАМЬЯ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Приведены результаты линейного и площадного прироста оврагов на территории Западного Предкамья Республики Татарстан, полученные на основе результатов стационарных (мониторинговых) наблюдений и дешифрирования спутниковых снимков высокого разрешения за периоды 1983–1994, 2000–2014 и 2015–2018 гг. Полученные результаты мониторинга оврагов и дешифрирования спутниковых снимков свидетельствуют о сопоставимых темпах линейного прироста. Анализ данных наблюдений показывает неравномерный характер прироста вершин оврагов, а также свидетельствует о сокращении темпов развития овражной эрозии в текущее десятилетие примерно в два раза на Западном Предкамье и в семь раз в пределах малого водосбора по сравнению с периодом 1983–1994 гг. Установлено, что, несмотря на прекращение линейного роста, около 66 % всех исследуемых оврагов продолжают свое развитие путем увеличения ширины, или бокового прироста. Средний площадной прирост оврагов для всей территории Западного Предкамья составляет 22 м²/год, а для отдельного водосбора — 1,5 м²/год. Показано, что основные причины снижения роста оврагов — это изменение климата, проявляющееся в повышении зимне-весенних температур воздуха, сокращении продолжительности холодного периода, увеличении частоты зимних оттепелей и снижении глубины промерзания почвы, а также противоэрозионные мероприятия (строительство гидротехнических сооружений и защитных лесонасаждений), которые активно внедрялись в 1990-е гг. по всей территории Республики Татарстан. Влияние землепользования, скорее всего, сыграло второстепенную роль.

Ключевые слова: линейный и площадной прирост, талый сток, малый водосбор, изменение климата, дешифрирование спутниковых снимков, балка «Темева речка».

A.G. SHARIFULLIN*, A.M. GAFUROV*, V.N. GOLOSOV*, A.P. DVINSKIH*, R.A. MEDVEDEVA***

*Kazan (Volga Region) Federal University, 420008, Kazan, ul. Kremlevskaya, 18, Russia, luleo123@mail.ru, gafurov.kfu@gmail.com, gollossov@gmail.com, Aleksandr.Dvinskih@ksu.ru, gregina8@mail.ru

**Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Leninskie gory, 1, Russia, gollossov@gmail.com

***Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 119017, Moscow, Staromonetnyi per., 29, str. 4, Russia, gollossov@gmail.com

**THE DYNAMICS OF CONTEMPORARY GULLY EROSION ON ARABLE LAND
IN THE WESTERN PRE-KAMA REGION OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN (RUSSIA)**

The article presents the results of linear and areal retreat rates of gullies in the territory of the Western Pre-Kama region of the Republic of Tatarstan as obtained on the basis of the stationary observations and interpretation of high-resolution satellite images for the periods 1983–1994, 2000–2014 and 2015–2018. The results from monitoring the gullies and interpretation of satellite images indicate comparable rates of linear headcut retreat rates. Analysis of observational data shows an uneven character

of the gully headcut retreat as well as indicating a reduction in the rate of development of gully erosion in the current decade compared with the period of 1983–1994 about twice in the Western Pre-Kama region and by a factor of 7 within a small catchment. It was established that, in spite of cessation of the linear growth, about 66 % of all the gullies under investigation continue their development by increasing the width, or areal retreat. The average area growth of gullies for the entire territory of the Western Kama region is 22 m² per year, and for a separate catchment it is 1.5 m² per year. It is shown that the chief reasons behind the decrease in the growth of gully headcut is climate change, which manifests itself in a rise of winter-spring air temperatures, a reduction of the duration of the cold period, an increase in the occurrence frequency of thaws and decreases in the depth of soil freezing as well as anti-erosion measures (construction of hydraulic structures and protective afforestation) which were actively introduced in the 1990s throughout the territory of the Republic of Tatarstan. The influence of land use has most likely played a secondary role.

Keywords: *gully erosion, linear and areal retreat rates of gullies, snowmelt runoff, catchment, climate change, interpretation of satellite imagery, Temeva Rechka dry valley.*

ВВЕДЕНИЕ

Лесостепная, степная, а также, в меньшей степени, лесная зоны европейской территории России характеризуются развитием интенсивной овражной эрозии с момента активной распахивки земель, начавшейся в XVIII в. [1]. Это приводит к значительным потерям пахотнопригодных земель, а также заилению и загрязнению преимущественно малых рек за счет транзита поверхностного стока и наносов с водосбора в долины [2].

Детальные исследования овражной эрозии с середины XX в. были проведены различными исследователями [3–7] в центральной и восточной частях Восточно-Европейской равнины, Прибайкалье и других регионах Сибири. Первые количественные данные по приросту вершины оврагов территории Татарской АССР были получены в 1950-е гг. на основе дешифрирования аэрофотоснимков (АФС) среднего и крупного масштабов В.А. Дуглавым [4]. Продолжение данных работ, а также полевые стационарные наблюдения, которые начались в 1983 г., позволили за период 1958–1985 гг. оценить средние скорости роста оврагов [8]. К сожалению, мониторинговые полевые исследования, проводившиеся на территории Татарстана, были прекращены в 1994 г., хотя в соседнем регионе (Республика Удмуртия) на юге лесной зоны полустационарные наблюдения за приростом вершины оврагов, начатые в 1978 г., продолжают и поныне [9].

В последние десятилетия на европейской территории России (ЕТР) наблюдаются как изменение климата, которое выражается в увеличении среднегодовых температур воздуха и количества осадков, так и смена землепользования, связанная с распадом Советского Союза [10–12]. Данные изменения, несомненно, должны были повлиять на интенсивность развития овражной эрозии. Однако отсутствие современных полевых и дистанционных наблюдений на наиболее освоенных в сельскохозяйственном отношении землях лесной зоны не позволяют делать каких-либо выводов. В этой связи актуально возобновление данных работ. Цель настоящего исследования — количественная оценка современной овражной эрозии на пахотных землях Западного Предкамья Республики Татарстан с использованием данных дистанционного зондирования и полевых инструментальных методов.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования была выбрана территория Западного Предкамья ($S = 1662$ тыс. га) Республики Татарстан (рис. 1, а, б), которая располагается между реками Волгой, Камой и Вяткой. Стационарные наблюдения проводились в пределах водосбора «Темева речка» (бассейн р. Мёши) на площади 487 га (см. рис. 1, в). Выбор территории обусловлен наличием обширных данных наблюдений за приростом оврагов.

В целом территория представляет собой волнистую равнину, расчлененную реками и слабонаклоненную к р. Каме. В северной части Западного Предкамья овраги развиваются на высотах 150–190 м над ур. моря, в южной части — 100–120 м над ур. моря. Перепады высот между вершиной оврагов и их устьем составляют в среднем 15–30 м. Приводораздельные междуречья очень пологие (1–3°), крутизна склонов долин 5–6°. Согласно [13], на данной территории густота овражного расчленения изменяется в среднем от 0,1 до 0,5 км/км² (для отдельных бассейнов — от 0,15 до 0,19 км/км²), а плотность — 0,24–0,71 шт./км² [14].

В геологическом строении территории Западного Предкамья сложена породами пермской и четвертичной систем. Среди отложений пермской системы преобладают морские карбонатные породы (известняки и доломиты) с отдельными прослоями лагунно-морских (мергели) и прибрежно-лагунных

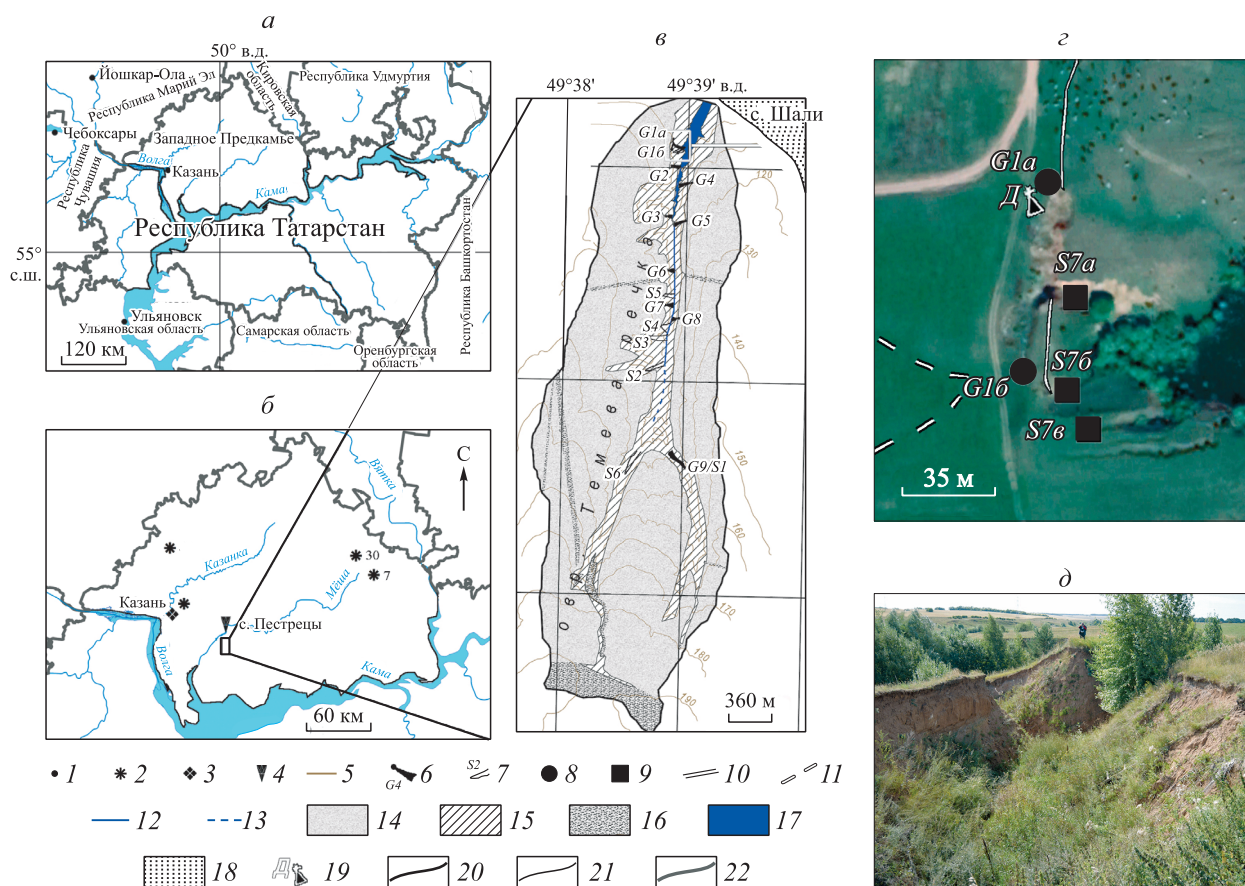


Рис. 1. Положение Западного Предкамья и балки «Темева речка».

a — Республика Татарстан; *б* — Западное Предкамье; *в* — водосбор балки «Темева речка»; *г* — овраг G1; *д* — вид на овраг G1. 1 — региональные административные центры; 2 — местоположение метеорологической станции «Казань-опорная»; 3 — положение гидрологической станции с. Пестрецы (р. Мёша); 4 — горизонтали (проведены через 10 м); 5 — активные овраги (по состоянию на 2018 г.); 6 — неактивные овраги (ежегодно наблюдались в 1983–1994 гг.); 7 — вершины активного оврага; 8 — положение вершины оврага по состоянию на 1988 г.; 9 — противозерозионный вал; 10 — тальвег ложбины; 11 — постоянный водоток; 12 — временный водоток; 13 — пашня; 14 — луга; 15 — залесенные участки; 16 — пруд; 17 — населенный пункт (с. Шали); 18 — точка обзора оврага. Границы: 19 — водосбора «Темева речка», 20 — природных зон Республики Татарстан, 21 — регионов.

пород (алебрты, глины) казанского яруса мощностью 100–200 м. Четвертичные отложения представлены делювиально-солифлюкционными коричневатобурими суглинками, чаще карбонатными, мощностью 15 м, на которых и получили развитие исследуемые овраги.

Климат изучаемой территории умеренно континентальный с теплым летом и умеренно холодной зимой. Средняя годовая температура, по данным метеостанции «Казань-опорная», составляет 4,1 °C (1950–2017 гг.). Самый теплый месяц — июль (19,8 °C), а холодный — январь (–12 °C). Устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 0 °C осуществляется в первой декаде апреля, а осенью — в конце октября. Средняя продолжительность безморозного периода составляет 216 дней. За год на территории Западного Предкамья в среднем выпадает 557 мм атмосферных осадков, из них на теплый период приходится 69 %. Максимальное количество фиксируется в июле (68 мм), а минимум — в марте (31 мм). В теплый период в среднем происходит около 117 ливневых событий. Из них 94 % со слоем менее 10 мм, 5 % — 10–20 мм, 0,8 % — 20–30 мм и 0,2 % — более 30 мм. За летний период в среднем выпадает 4–5 ливня с интенсивностью 1–3 мм/мин и продолжительностью 5–20 мин [15].

На территории Западного Предкамья в прошлом были распространены широколиственные леса (южная тайга), в настоящее время 76 % территории занято сельскохозяйственными угодьями. Основные почвы серые, светло- и темно-серые лесные. На севере распространены дерново-подзолистые почвы [4].

В данном исследовании для количественной оценки современной овражной эрозии использовался набор полевых инструментальных методов (метод реперов и метод повторной геодезической съемки), а также метод дешифрирования разновременных космических снимков.

В августе 1983 г. на водосборе «Темева речка» для семи активных оврагов на фиксированном расстоянии от вершины были заложены реперы. Каждый год в конце мая — начале июня проводились измерения прироста вершины оврагов. Однако после 1994 г. мониторинг был приостановлен. Полевые работы по измерению линейного и площадного прироста вершин оврагов возобновились только в 2015 г. для двух наиболее активных оврагов из числа тех, на которых наблюдения проводились ранее. Дополнительно были выбраны еще семь оврагов (вершин). Два раза в год (в мае и сентябре) также с помощью рулетки измерялось расстояние от репера до вершины и рассчитывался сезонный линейный прирост вершины оврага.

Более детальная информация об особенностях роста привершинного участка оврага (площадном приросте) была получена при проведении топографо-геодезической съемки с помощью тахеометра Trimble M3. Съемка бровки оврагов также проводилась два раза в год, по полученным данным строились план-схемы [16].

При использовании метода дешифрирования разновременных космических снимков для оценки роста оврагов на начальном этапе проводилось совмещение снимков, сделанных в 2004 и 2014 гг., со спутников WorldView-2, WorldView-3 и GeoEye-1 (разрешение снимков 0,5–1 м) [17]. Затем исходные снимки подвергались геометрическому преобразованию для приведения их к общему масштабу и проекции. После преобразования растров осуществлялась оцифровка бровки и тальвегов для каждого исследуемого оврага за два временных рубежа. Далее производилось наложение полученных схем дешифрирования и вычисление площадного и линейного приростов эрозионной формы.

Дополнительно по метеорологической станции «Казань-опорная» (по материалам Всероссийского НИИ гидрометеорологической информации — Мировой центр данных, ВНИИГМИ-МЦД [18]) были собраны метеорологические данные о температуре воздуха, количестве атмосферных осадков, высоте снежного покрова, запасах воды в снеге за 1950–2018 гг., а также данные по многолетним расходам воды с 1960 по 2016 г. р. Мёши по гидрологическому посту в с. Пестрецы (см. рис. 1, б).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средний многолетний прирост 10 вершин оврагов за период 1983–1994 гг. составляет $2,8 \pm 1,8$ м/год (табл. 1). При этом наибольшие скорости (12,9 и 7,1 м/год) характерны для донных оврагов, развивавшихся в днищах балок-отвершков, выше участка их слияния, которые представляют собой часть «главной» долины водосбора «Темева речка».

По результатам обследования территории водосбора «Темева речка» в 2015 г. большая часть оврагов, на которых проводились наблюдения в период 1983–1994 гг., прекратила свой рост. Только два оврага (S1/G9 и S7/G1) продолжали свое развитие. Причем две вершины (S7a и S7б) были за-

Таблица 1

Ежегодный линейный прирост вершины оврагов в пределах водосбора «Темева речка» с 1983 по 1994 г.

Номер оврага	Средний прирост вершины оврагов, м/год											
	1983– 1984	1984– 1985	1985– 1986	1986– 1987	1987– 1988	1988– 1989	1989– 1990	1990– 1991	1991– 1992	1992– 1993	1993– 1994	в среднем
S1/G9	8,2	7,1	24,1	15	3	—	17	26,4	15,1	19,5	5,1	12,9
S2	0	—	0,5	1	—	—	9,6	—	1	6,8	0,3	2,4
S3a	0,7	—	0,3	0,5	0,4	—	0,5	—	0	0,2	—	0,3
S3б	0,2	—	1,1	0,8	1,2	—	1,7	—	1	0,1	—	0,9
S4	0,4	—	1,4	0,7	0,8	—	1,4	—	—	0	0,3	0,8
S5	—	—	0,6	0,4	—	—	0,8	—	—	—	—	0,6
S6	—	—	31	2,2	1,4	—	8	14	4,1	2,4	0,7	7,1
S7a/G2	—	—	3,6	2,9	2,1	—	Засыпан					2,9
S7б/G2	—	—	5,3	1	—	—	»					0,2
S7в/G2	—	—	1,5	—	—	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3

Примечание. Прочерк — данные отсутствуют.

Таблица 2

Ежегодный (сезонный) линейный и площадной прирост оврагов в пределах водосбора «Темева речка» с 2015 по 2018 г.

Номер оврага	Прирост	Период, годы		
		2015–2016	2016–2017	2017–2018
G1a/S7	L	0,5 (0,4 + 0,1)	0,2 (0,1 + 0,1)	0,3 (0,2 + 0,1)
	S	14,5 (12 + 2,5)	2,2 (1,5 + 0,7)	1,2 (– + –)
G16/S7	L	0,5(0,4 + 0,1)	0,0 (0 + 0)	0,0 (0 + 0)
	S	–	–	–
G2	L	0,1 (0 + 0,1)	0,4 (0,3 + 0,1)	0,7 (0,4 + 0,3)
	S	– (– + 1,3)	1,1 (1,0 + 0,1)	1,9 (– + –)
G3	L	1,2 (1,1 + 0,1)	0,5 (0,5 + 0)	0,8 (0,5 + 0,7)
	S	– (– + 0,6)	1,9(1,6 + 0,3)	1,7 (– + –)
G4	L	0,6 (0,5 + 0,1)	0,2 (0 + 0,2)	0,5 (0,3 + 0,2)
	S	–	– (– + 1,9)	1,4 (– + –)
G5	L	0,5 (0,5 + 0)	0,2 (0 + 0,2)	0,0 (0 + 0)
	S	–	– (– + 0,2)	0 (– + –)
G6	L	1,1 (1 + 0,1)	0,2 (0,1 + 0,1)	0,0 (0 + 0)
	S	–	2,6 (1,6 + 1,0)	2,9 (– + –)
G7	L	1,4 (1,3 + 0,1)	0,1 (0 + 0,1)	0,0 (0 + 0)
	S	–	7,6 (4,7 + 2,9)	0 (– + –)
G8	L	0,3 (0,2 + 0,1)	0,2 (0,1 + 0,1)	0,0 (0 + 0)
	S	–	1,9(0,5 + 1,4)	0 (– + –)
G9/S1	L	– (– + 0,5)	0,4 (0,3 + 0,1)	0,6(0,4 + 0,2)
	S	– (– + 1,4)	1,2(0,9 + 0,3)	1,8 (– + –)

Примечание. L — линейный прирост, м/год; S — площадной прирост, м²/год. В скобках даны значения за весенний период (первая цифра) и осенний период (вторая цифра). Прочерк — данные отсутствуют.

сыпаны в 1989 г. при строительстве противоэрозионного вала. Однако вал был прован, и развитие оврага продолжается вдоль него (см. рис. 1, д).

Линейный прирост всех оврагов, на которых проводились наблюдения, за период 2015–2018 гг. в среднем составляет 0,4 м/год. При этом темпы регрессивного отступления вершин, по полученным данным, варьируют в небольшом диапазоне — от 0 до 1,4 м/год (табл. 2).

Около 80 % прироста вершины оврагов осуществляется в период весеннего снеготаяния, и лишь 20 % прироста связано со стоком, формирующимся при выпадении летне-осенних ливней. Это соответствует соотношению между весенним и летним приростом оврагов, которое было получено для оврагов Вятско-Камского междуречья по результатам мониторинга прироста вершин в 1978–1997 гг. [6].

Результаты дешифрирования спутниковых снимков на территории Западного Предкамья свидетельствуют о сопоставимых темпах линейного прироста. Средние многолетние скорости роста для 71-го склонового оврага за период 2004–2014 гг. колеблются от 0 до 3,4 м/год (рис. 2, а) при средней скорости 0,3 м/год. При этом около 70 % всех оврагов имеют неактивные вершины (см. рис. 2, а).

Площадной прирост (по данным космических снимков [17]) по всей длине наблюдается для 66 % исследуемых оврагов (см. рис. 2, б). При этом около половины из них с неактивными вершинами продолжают свое развитие за счет увеличения ширины, или бокового прироста. Средний площадной прирост оврагов составляет 22 м²/год и повышается с увеличением вершинного прироста. По данным мониторинга (см. табл. 2), средний площадной прирост составляет 1,5 м² с максимальным приростом 12 м². Различия, очевидно, связаны с двумя причинами: малой протяженностью оврагов, включенных в сеть мониторинга, и инструментальным определением площадного прироста только для привершинного участка оврага. Причем значительный площадной прирост произошел также в период весеннего снеготаяния.

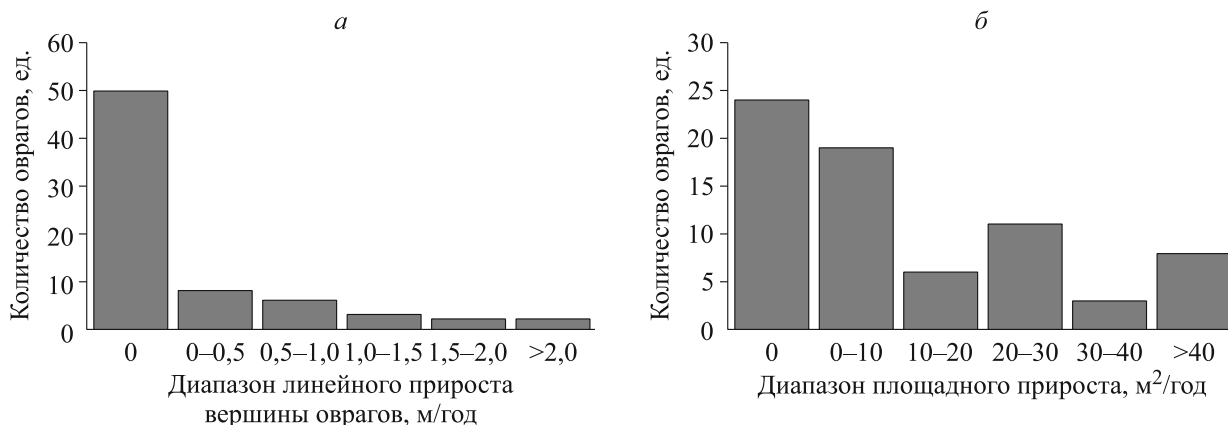


Рис. 2. Диапазон линейного (а) и площадного (б) прироста оврагов по данным спутниковых снимков.

Результаты выполненных исследований несколько ниже средней величины линейного прироста вершин оврагов, полученных для различных регионов Земного шара за период 1930–2014 гг., и составляют 0,89 м/год [19]. При этом площадной прирост ($3,12 \text{ м}^2/\text{год}$), который для различных территорий определялся разными методами [19], в целом сопоставим с полученными нами данными. Довольно небольшой прирост вершины оврагов (0,2 м/год) фиксируется на территории провинции Сеговия (Испания) в период 1946–2016 гг. [20]. Ежегодный прирост в среднем в 2 м наблюдается для техногенных оврагов Бельгии с 2008 по 2012 г. [21]. В то же время, согласно данным мониторинга, линейный прирост оврагов, который продолжается и по сей день на территории Вятско-Камского междуречья, за последние 20 лет составляет 0,2–0,3 м/год [6].

Сравнение полученных результатов с предшествующими исследованиями, которые проводились на территории всего Западного Предкамья, показывает неравномерный характер развития оврагов: увеличение скоростей роста вершин с 2,2 м/год за 1953–1958 гг. [4] до 4,3 м/год за 1958–1985 гг. [8] и сокращение — до 0,95 м/год за 1983–1994 гг. [19] и 0,4 м/год за 2004–2014 гг.

Аналогичная картина наблюдается и для отдельных оврагов, расположенных в пределах водосбора «Темева речка». Для десяти вершин оврагов средняя скорость в период 1983–1994 гг. составила 2,8 м/год. В настоящее время большинство исследованных оврагов заросли, и только две вершины — G1 и G9 — продолжают свое развитие со скоростью 0,2 и 0,5 м/год соответственно. Средняя скорость развития оврагов на территории исследуемого водосбора за период 2015–2018 гг. составила 0,4 м/год. Таким образом, темпы прироста вершины оврагов по всему Западному Предкамью РТ с 1983–1994 гг. по 2004–2014 гг. сократились в среднем в 2,4 раза, а на отдельном водосборе (1983–1994 – 2015–2018 гг.) немного больше — в 7 раз.

Ранее на основе анализа данных наблюдений в различных частях Русской равнины было установлено, что около 80 % прироста оврагов приходится на период весеннего снеготаяния [8], поэтому следует рассмотреть метеорологические параметры, характеризующие зимне-весенние условия (табл. 3).

Все учтенные в работе параметры характеризуются значительными изменениями, особенно в последние десятилетия. Так, с 1970-х гг. наблюдается повышение температуры воздуха в зимний период и в период весеннего снеготаяния в среднем на $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет с резким увеличением на $1,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в период 1970–1980-х гг. Однако с 2010-х гг. наблюдается понижение температуры воздуха на $0,9\text{--}1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Повышение температуры зимой и в марте привело к сокращению продолжительности холодного периода с 1990-х гг. примерно на две недели и увеличению частоты оттепелей с декабря по январь. Также на исследуемой территории наблюдается повышение количества осадков и, соответственно, запасов воды в снеге. Однако это практически не отразилось на высоте снежного покрова, которая сохраняется примерно на одном уровне, кроме двух периодов — 1950–1959 и 2000–2018 гг., когда наблюдался достаточно высокий уровень снежного покрова (38–40 см). Отмеченные изменения зимне-весенних метеорологических параметров хорошо согласуются с результатами наблюдений за стоком воды в реках в период весеннего половодья (рис. 3). Так, с 1970-х гг. в бассейне р. Мёши наблюда-

Таблица 3

Среднемноголетние значения некоторых зимне-весенних метеорологических параметров за 1950–2018 гг. по данным метеостанции «Казань-опорная»

Период наблюдения	Параметр						
	$T_{\text{ав}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{ам}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$	N , дн	A , дн	Px , мм	H , см	S , мм
1950–1959	–12,3	–7,4	2,5	154	116	38,1	–
1960–1969	–12,2	–6,3	3	153	162	26,9	148
1970–1979	–11,8	–4,6	2,5	155	159	26,9	82
1980–1989	–10,1	–5,6	2,6	154	167	29,1	96
1990–1999	–9,8	–3,9	4,5	150	185	29,9	–
2000–2009	–8,7	–2,7	7,7	138	200	29	134
2010–2018	–9,6	–3,9	6	138	228	40,1	141

Примечание. $T_{\text{ав}}$ — средняя многолетняя температура воздуха за зимний период (декабрь–февраль); $T_{\text{ам}}$ — средняя многолетняя температура воздуха за март; N — количество дней в зимний период с суточной температурой выше $0 \text{ }^{\circ}\text{C}$; A — продолжительность холодного периода (2-я половина октября – 2-я половина марта); Px — средняя многолетняя сумма осадков за холодный период; H — средняя многолетняя высота снежного покрова за зимний период; S — средние многолетние запасы воды в снеге за первую декаду марта.

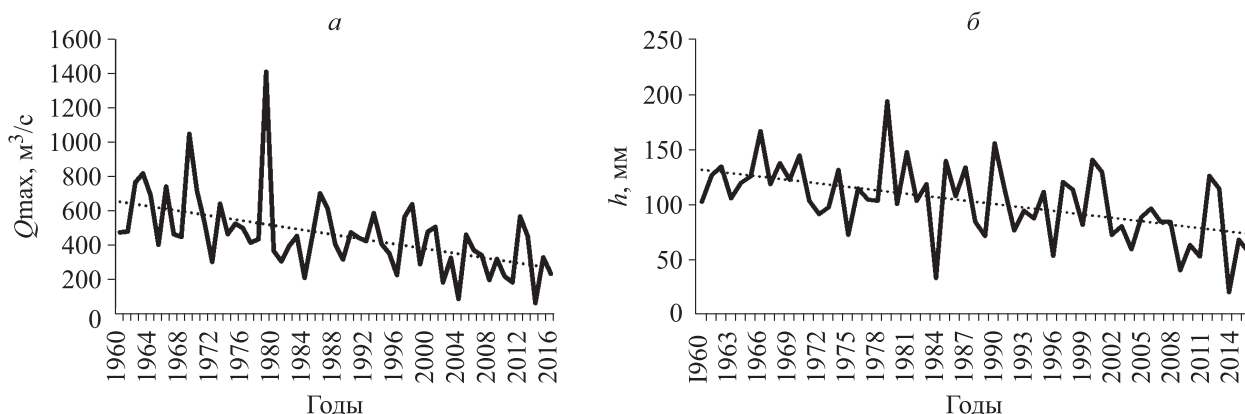


Рис. 3. Многолетние максимальные расходы воды (а) и слой стока (б) в период половодья, р. Мёша.

ется резкое снижение максимальных расходов воды и суммарного слоя стока за половодье, которое продолжается и в наши дни. Очевидно, что повышение температуры воздуха в зимний период и в период весеннего снеготаяния на территории Западного Предкамья, а также увеличение высоты снежного покрова в последние десятилетия, несомненно, привели к сокращению глубины промерзания почв. Слабое промерзание почв, а также частые оттепели приводили к увеличению фильтрации воды и пополнению запасов грунтовых вод [22], а не к образованию талого поверхностного стока, который мог бы способствовать развитию оврагов.

Один из наиболее значимых антропогенных факторов, влияющих на развитие овражной эрозии путем роста коэффициента поверхностного стока, — это степень распаханности водосборов. По сравнению с 1985 г. в 2015 г. сокращение площади пашни в пределах бассейна р. Мёши составило около 10 % [10]. На территории водосбора «Темева речка» (согласно снимкам Landsat) [23] какие-либо значительные изменения площади пашни с 1980-х гг. отмечены не были. Даже в 1990-х гг. территория активно распахивалась. Основные выращиваемые культуры были представлены пшеницей, ячменем и кукурузой. В последние годы увеличилась доля многолетних трав, которыми были засеяны водосборы трех оврагов, входящих в сеть мониторинга. Другими словами, как на участке мониторинга, так и в целом в бассейне р. Мёши каких-либо значительных изменений землепользования не произошло.

Другая причина сокращения роста оврагов (зарастания) — это противоэрозионные мероприятия, которые активно начали внедряться в 1990-х гг. на всей территории Республики Татарстан. Так, с 1994 по 2005 г. на проведение противоэрозионных мероприятий было выделено около 16 млрд руб. [24, 25]. Согласно постановлению Кабинета Министров Республики Татарстан от 12 марта 1997 г. № 216 «О Комплексной программе повышения плодородия почв и защиты их от эрозии в Республике Татарстан на 1997–2005 годы» [25], около 4 % пахотных угодий с уклоном более 5° переведены в сенокосы и пастбища. Также можно отметить, что построенная в 1991–1992 гг. плотина (согласно снимкам Landsat) в верхнем течении Темевой речки привела к повышению базиса эрозии для оврагов, примыкающих к акватории образовавшегося пруда. Другой причиной снижения темпов роста оврагов стали возведенные на вершинах активно растущих оврагов водозадерживающие валы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На территории Западного Предкамья Республики Татарстан в целом и на отдельном водосборе, по данным стационарных наблюдений и космических снимков, в последние десятилетия (по сравнению с периодом 1983–1994 гг.) наблюдается сокращение скорости роста оврагов. Если на всей территории Западного Предкамья средние скорости роста вершины оврагов изменяются с 0,95 м/год за 1983–1994 гг. до 0,3 м/год за 2004–2014 гг., то на территории водосбора «Темева речка» отступление вершин сократилось с 2,8 (1983–1994 гг.) до 0,4 м/год (2015–2018 гг.). Однако несмотря на прекращение линейного роста значительной части оврагов, более половины всех исследуемых оврагов продолжают свое развитие путем бокового прироста. Средний площадной прирост оврагов в пределах Западного Предкамья за последнее десятилетие составляет 22 м²/год, а на территории отдельного водосбора — 1,5 м²/год. Основная причина снижения темпов прироста вершины оврагов — это из-

менение зимне-весенних условий (повышение зимней температуры воздуха и уменьшение глубины промерзания почв), которое способствовало сокращению поверхностного стока со склонов. Немаловажную роль в снижении роста оврагов сыграли противоэрозионные мероприятия, которые активно начали внедряться в 1990-х гг. Полученные результаты хорошо согласуются с данными по смыву почв [26] и носят региональный характер [8]. В перспективе планируется продолжить полевые работы по измерению прироста вершин оврагов и провести более детальный анализ для количественной оценки влияния разных факторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18-35-00326 мол_а) и Российского научного фонда (19-17-00064).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Соболев С.С.** Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. — М.: Изд-во АН СССР, 1948. — Т. 1. — 307 с.
2. **Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., Valentin C.** Gully erosion and environmental change: importance and research needs // *Catena*. — 2003. — Vol. 50, N 2–4. — P. 91–133.
3. **Овражная эрозия востока русской равнины** / Под ред. А.П. Дедкова. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1990. — 142 с.
4. **Ступишин А.В., Дуглав В.А., Лаптева Н.Н.** Географический анализ овражно-балочных систем в пределах Татарской АССР. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1980. — 152 с.
5. **География овражной эрозии** / Под ред. Е.Ф. Зориной. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2006. — 324 с.
6. **Рысин И.И., Голосов В.Н., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю.** Влияние изменений климата на динамику темпов роста оврагов Вятско-Камского междуречья // *Геоморфология*. — 2017. — № 1. — С. 90–103.
7. **Рыжов Ю.В.** Овражная эрозия в межгорных котловинах Юго-Западного Прибайкалья // *Геоморфология*. — 1998. — № 3. — С. 68–73.
8. **Бутаков Г.П., Двинских А.П., Назаров Н.Н., Рысин И.И.** Современная овражная эрозия на востоке Русской равнины // *Геоморфология*. — 1987. — № 2. — С. 43–46.
9. **Рысин И.И., Голосов В.Н., Григорьев И.И., Зайцева М.Ю.** О причинах современного сокращения темпов роста оврагов в Удмуртии // *Геоморфология*. — 2018. — № 1. — С. 75–87.
10. **Иванов М.А., Прищепов А.Б., Голосов В.Н., Залыалиев Р.Р., Ефимов К.Б., Кондратьева А.А., Киняшова А.Д., Ионова Ю.К.** Изменения площади пахотных угодий в бассейнах рек Европейской территории России за период 1985–2015 гг. как фактор динамики эрозии почв // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. — 2017. — Т. 14, № 6. — С. 149–157.
11. **Goloso V., Yermolaev O., Litvin L., Chizhikova N., Kiryukhina Z., Safina G.** Influence of climate and land use changes on recent trends of soil erosion rates within the Russian Plain // *Land Degradation & Development*. — 2018. — N 29 (8). — P. 2658–2667.
12. **Киреева М.Б., Рец Е.П., Фролова Н.Л., Езерова Н.Н.** Паводочный сток на реках Европейской территории России и его роль в формировании современного водного режима // *Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии*. — СПб.: Научное издательство «Лань», 2018. — С. 580–585.
13. **Ермолаев О.П., Рысин И.И., Голосов В.Н.** Картографирование овражной эрозии на востоке Русской равнины // *Геоморфология*. — 2017. — № 2. — С. 38–51.
14. **Гайфутдинова Р.А., Ермолаев О.П.** Факторы и пространственно-временные особенности развития оврагов на территории Республики Татарстан // *Вестн. Удмурт. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле*. — 2016. — № 2. — С. 132–141.
15. **Климат Казани и его изменения в современный период** / Под ред. Ю.П. Переведенцева, Э.П. Наумова. — Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2006. — 216 с.
16. **Гафуров А.М., Рысин И.И., Голосов В.Н., Григорьев И.И., Шарифуллин А.Г.** Оценка современного роста вершин оврагов южного мегасклона Восточно-Европейской равнины с применением набора инструментальных методов // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География*. — 2018. — № 5. — С. 61–71.
17. **SAS. Planet** [Электронный ресурс]. — <http://www.sasgis.org/sasplaneta> (дата обращения 01.12.2018).
18. **Булыгина О.Н., Веселов В.М., Разуваев В.Н., Александрова Т.М.** Описание массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620549 [Электронный ресурс]. — <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters#описание-массива-данных> (дата обращения 01.12.2018).
19. **Vanmaercke M., Poesen J., Van Mele B., Demuzere M., Bruynseels A., Goloso V., Bezerra J.F.R., Bolysov S., Dvinskikh A., Frankl A., Fuseina Y., Guerra A.J.T., Haregeweyn N., Ionita I., Makanzulmwangana F., Moeyersons J., Moshe I., Nazari Samani A., Niascu L., Nyssen J., Otsuki Y., Radoane M., Rysin I., Ryzhov Y.V., Yermolaev O.** How fast do gully headcuts retreat? // *Earth-ScienceRev.* — 2016. — Vol. 154. — P. 336–355.
20. **Ballesteros Cánovas J.A., Stoffel M., Martin-Duque J.F., Corona C., Lucia A., Bodoque J.M., Montgomery D.R.** Gully evolution and geomorphic adjustments of badlands to reforestation // *Sci. Rep. Nature Publishing Group*. — 2017. — Vol. 7. — P. 45027.

21. **Van Mele B.** How Fast do Gully Headcuts Retreat. — Leuven: University of Leuven, 2013. — 136 p.
22. **Евстигнеев В.М.** Речной сток и гидрологические расчеты. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. — 304 с.
23. **Архив** космических снимков Landsat [Электронный ресурс]. — <https://landsatlook.usgs.gov/> (дата обращения 01.12.2018).
24. **Государственный** доклад «О состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан за 1996 год». — Казань: Природа, 1997. — 310 с.
25. **Постановление** Кабинета Министров Республики Татарстан «О Комплексной программе повышения плодородия почв и защиты их от эрозии в Республике Татарстан на 1997–2005 году» № 216 от 12 марта 1997 г. [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/917007355> (дата обращения 01.12.2018).
26. **Шарифуллин А.Г., Гусаров А.В., Голосов В.Н.** Современный тренд эрозионно-аккумулятивных процессов в малом распаханном водосборе, Республика Татарстан // Геоморфология. — 2018. — № 3. — С. 93–108.

Поступила в редакцию 14.12.2018

После доработки 12.07.2019

Принята к публикации 24.03.2020