

ДЕГРАДАЦИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

УДК 631.459.2

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ЭРОЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ НА СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЛОЖБИН МАЛОГО ВОДОСБОРА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

© 2022 г. А. Г. Шарифуллин^а, *, А. В. Гусаров^а

^аКазанский (Приволжский) федеральный университет, ул. Кремлевская, 18, Казань, 420008 Россия

*e-mail: AGSharifullin@kpfu.ru

Поступила в редакцию 08.02.2021 г.

После доработки 18.06.2021 г.

Принята к публикации 30.06.2021 г.

Приведены результаты оценки темпов эрозионно-аккумулятивных процессов на серых лесных почвах (Luvic Retic Greyzemis Phaeozems) ложбин лесостепного малого водосбора «Темева речка» (бассейн р. Мёша, Республика Татарстан, Россия) за последние 55–60 лет с использованием радиоцезиевого метода. Для исследуемого водосбора в зависимости от экспозиции склонов, длины, уклона и формы профиля тальвега, происхождения, возраста, а также особенностей развития эрозионных процессов проведена типизация ложбин. Выделены короткие с малой площадью водосбора ложбины (потяжины) на относительно более крутых склонах западной экспозиции, вероятно, сформированные после сведения лесов. Конфигурация водосборов данных эрозионных форм способствует формированию поверхностного стока, достаточного для размыва на большем протяжении их днищ со скоростью около 2–4 т/га в год. Более древние и сравнительно длинные ложбины с малыми уклонами днищ и большей площадью водосбора, имеющие полигенетическое происхождение, являются зонами транзита наносов с распаханых водосборов в днище основной балки. Для них характерно чередование участков размыва почв и аккумуляции на них наносов. Средние темпы эрозии почв в данных формах рельефа составляют 0,8 т/га в год, но для некоторых ложбин, которые характеризуются слиянием нескольких небольших притоков в нижней части, процессы почвенной эрозии могут усиливаться до 3 т/га в год. На коротких склонах ложбин средние темпы эрозионной потери почв оцениваются в 6 т/га в год, но в верхних частях могут достигать 11 т/га в год. Отмечается общее ослабление скоростей почвенной эрозии и аккумуляции эродированного материала в последние десятилетия вследствие изменения климата и типа землепользования.

Ключевые слова: балка, ложбина, ¹³⁷Cs, сток воды, наносы, эрозия почв, пашня, изменение климата
DOI: 10.31857/S0032180X22010117

ВВЕДЕНИЕ

На Восточно-Европейской равнине, особенно в ее центральной части, большое распространение получили ложбины – малые эрозионные формы водно-ледникового и флювиального происхождения, связывающие склоны междуречий с достаточно густой долинно-балочной сетью [10]. Сравнительно малые глубины и пологие склоны ложбин во многих случаях позволяют использовать их в качестве пашни. Основная гидрологическая функция данных форм рельефа – это концентрация склонового поверхностного стока воды и наносов, способствующая активизации как эрозионных, так и аккумулятивных процессов, перераспределению наносов и связанных с ними загрязняющих веществ, уменьшению плодородия почвы и т. д. [33, 35, 42]. За относительно длительную историю существования этих ложбин происходило как усиление, так и ослабление

эрозионно-аккумулятивных процессов в их водосборах в связи с климатическими изменениями, а в последние столетия также в связи с использованием их в сельском хозяйстве. Это приводило к трансформации как рельефа ложбин, так и почв, сформированных на их склонах и в днищах.

Несмотря на сравнительно широкое распространение и изученность ложбинных форм рельефа на междуречьях, количество работ, посвященных анализу динамики современных эрозионно-аккумулятивных процессов и их связи с почвообразованием в этих формах, сравнительно невелико. В качестве примера можно привести работы по трансформации профиля распаханной серой лесной почвы ложбин [12], по оценке роли эрозионно-аккумулятивных процессов в перераспределении наносов [45] и реконструкции истории развития эрозионных форм [3] в пределах малых водосборов Среднерусской воз-

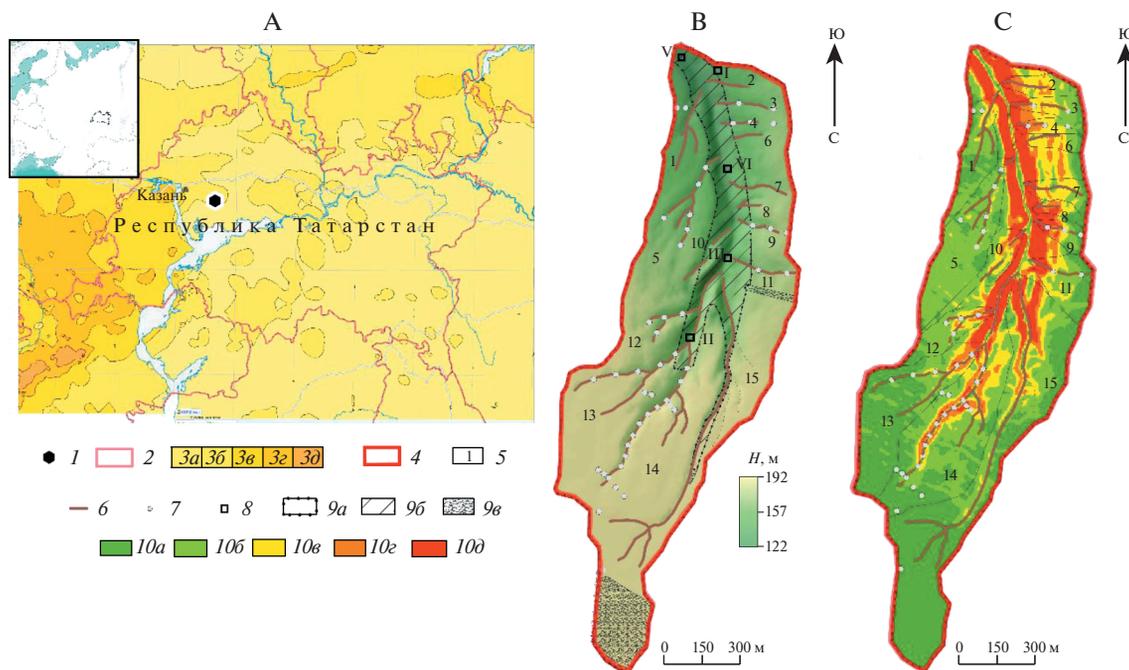


Рис. 1. Водосбор балки “Темева речка”. А – карта суммарного загрязнения почв ^{137}Cs [1]; В – карта фактического материала; С – карта уклонов поверхности водосбора; 1 – положение водосбора, 2 – административные границы Республики Татарстан и соседних регионов; 3 – суммарное загрязнение ^{137}Cs в $\text{кБк}/\text{м}^2$ (а – 2–4, б – 4–10, в – 10–20, г – 20–40, д – 40–100); 4 – граница исследованной части водосбора; 5 – ложбинные водосборы (1–15 – номера ложбинных водосборов); 6 – тальвеги ложбин; 7 – места отбора проб; 8 – почвенные разрезы (I–V); 9 – типы землепользования: а – пашня, б – луг, в – лес (“Барский лес”) и лесополоса; 10 – уклоны поверхности водосбора в градусах: а – 0–2, б – 2–4, в – 4–6, г – 6–8, д – более 8, Н – абсолютная высота.

вышенности, по перераспределению наносов на сильноэродированных почвах Ставропольского края [33], Орловской области [29], центральной Калифорнии [55], Англии [38], распределению радиоактивного цезия вдоль одной из ложин в долине Хантер в Австралии [43], изучению стока воды и наносов в древних залесенных эрозионных формах после лесных пожаров в Южной Корее [49], исследованию промоин (Ephemeral gully) на ложбинных склонах [35, 47, 53], использованию высокоточных цифровых моделей рельефа для обнаружения ложбин [51] и т. д.

В данном исследовании на примере одного из типичных малых водосборов интенсивно сельскохозяйственно-освоенной части лесостепной зоны востока Восточно-Европейской равнины (Республика Татарстан) рассматриваются особенности современных эрозионных и аккумулятивных процессов на распаханых серых лесных почвах ложбин разных типов с использованием радиоцезиевого метода.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Территория исследования. В качестве объекта исследования выбран водосбор балки “Темева речка” (координаты устья – $55^{\circ}38'39.49''$ N, $49^{\circ}38'52.02''$ E), расположенный на северо-западе

Республики Татарстан, в бассейне р. Мёша – правого притока нижнего течения р. Кама (рис. 1). Абсолютная высота в пределах исследуемой части водосбора, имеющей площадь в 113 га, изменятся от 122 до 192 м. Большая часть водосборных склонов изрезана сетью ложбин и потяжин, общая густота которых составляет около $5 \text{ км}/\text{км}^2$. Приводораздельные поверхности пологие (1° – 3°), тогда как склоны самих ложбин имеют крутизну 4° – 8° .

Основная часть ложбин водосбора имеет выпуклые продольные профили, что способствует усилению по их длине энергии временных потоков, формирующихся при талом и ливневом стоке, а также выносу большей части транспортируемых наносов за пределы их водосборов, прежде всего с пашни [31]. Количество ложбин является наибольшим на склонах северной и северо-восточной экспозиций, и наименьшим – на склонах западной и юго-западной экспозиций. При этом общая протяженность ложбин на склонах “холодных” экспозиций немного больше, а уклоны меньше, чем на склонах “теплых” румбов. Короткие и неглубокие ложбины и потяжины имеют, вероятно, эрозионное происхождение и возникли после распашки склонов, тогда как более крупные ложбины, в основном расположенные ближе к верхней части водосбора, имеют полигенетическое происхождение. Изначально они

могли формироваться в послеледниковый период благодаря развитию флювиальных процессов, но при этом на рисунок ложбинной сети местами влияли также элементы криогенной морфоскульптуры [10]. В дальнейшем эти ложбины, по-видимому, развивались в основном за счет процессов суффозии и тоннельной эрозии [11]. После сведения лесов эти формы рельефа были частично модифицированы эрозионно-аккумулятивными процессами и механическим перемещением почвы при ее регулярной распашке [6]. В целом на водосборы ложбин (вместе с потяжинами) приходится около 93% всей площади пашни в границах исследуемой части водосбора.

В геологическом отношении водосбор с поверхности сложен породами пермской системы (известняками, доломитами и мергелями), перекрытыми четвертичными делювиальными и делювиально-солифлюкционными коричневатобурными суглинками [7].

Климат изучаемой территории умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно-холодной зимой. Средняя годовая температура воздуха по данным метеостанции Казань-опорная составила $+4.4^{\circ}\text{C}$ (за 1966–2018 гг.); среднее годовое количество атмосферных осадков за тот же период – около 554.7 мм, причем около 70% из них приходилось на теплый период года – с середины марта по середину октября [4, 23].

Основные почвы водосбора – серые и светло-серые лесные (Luvic Retic Greyzemic Phaeozems) [25]. По мнению Маркова [18], исследуемая территория в доагрикультурный период была занята широколиственными лесами, большая часть которых сохранялась в пределах водосбора, судя по историческим картам, до конца XVIII в.

В период СССР водосбор балки “Темева речка” интенсивно распахивался. Так, по данным государственной статистической службы [19, 30], максимум различных сельскохозяйственных показателей для Пестречинского административного (муниципального) района, куда входит исследуемый водосбор, приходился на 1980-е гг. и начало 1990-х гг. В структуре севооборотов преобладала рожь, озимая пшеница и однолетние травы [19].

Сокращение лесопокрытой площади, сопровождавшееся расширением площади пашни, способствовало активизации почвенной эрозии и уменьшению плодородия почв в данном регионе с начала его земледельческого освоения [28]. На современном историческом этапе эти негативные процессы были усилены механизацией обработки пашни и уборки урожая (особенно при использовании тяжелой сельскохозяйственной техники), нараставшей с 1950–1960-х, наряду с увеличением численности скота, который способствовал деградации (в том числе эрозионной) пастбищ. Для уменьшения интенсивности эрозии почв и ее нега-

тивных последствий в 1980–1990-х гг. на территории, примыкающей к водосбору ниже по течению, были проведены противоэрозионные и наносодерживающие мероприятия (создание пруда, земляных дамб, перевод пахотных земель на склонах крутизной более 5° в луга, безотвальная вспашка, сооружение противоэрозионных неровностей и др.) [24]. В пределах исследуемого водосбора перестали распахивать сравнительно узкую (10–20 м) полосу наиболее крутой нижней части его склона выше правого борта балки “Темева речка”.

В настоящее время территория водосбора распахана почти на 77%. В структуре посевов чаще других встречаются кукуруза, овес и пшеница. Лесопокрытая площадь (с учетом лесопосадок) составляет 7%. Остальная часть водосбора (16%) занята луговой растительностью, которая используется для нерегулярного выпаса скота и сенокосения. Следует отметить, что как минимум с 1940 г. площадь пашни и ее конфигурация на водосборе оставались почти неизменными вплоть до настоящего времени; лишь небольшой его участок на границе полей над правым склоном балки выбыл из фонда посевных площадей по причине размещения на нем лесополосы в конце 1960-х гг. (рис. 2). Сохранилось и расположение грунтовой дороги, проходящей почти по восточному водоразделу водосбора главной балки.

Материалы и методы. Оценка темпов эрозионно-аккумулятивных процессов на почвах днищ и склонов ложбин проводилась с использованием радиоцезиевого метода. Радиоактивный цезий-137 (^{137}Cs) – долгоживущий (период полураспада – 30.2 лет) изотоп искусственного происхождения, который после выпадения из атмосферы быстро и прочно адсорбируется преимущественно глинистыми минералами [34, 40]. Он имеет техногенное происхождение и появился в почвах в результате проведения испытаний ядерного оружия в открытой атмосфере с начала 1950-х гг. Наибольшее их количество в мире пришлось на 1958 и 1962 гг., после чего, с задержкой вплоть до года [13], отмечались пиковые выпадения изотопа цезия на земную поверхность. После запрета на проведение атмосферных ядерных испытаний поступление ^{137}Cs в почву происходило преимущественно вследствие немногочисленных техногенных аварий. Так, авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 г. привела к выпадению из атмосферы (прежде всего с дождями) ^{137}Cs на большей части Европы, включая Украину, Беларусь и европейскую часть России. Вследствие вышеперечисленного, на исследуемой территории наблюдаются как глобальные (бомбовые), так и чернобыльские выпадения ^{137}Cs , которые примерно сопоставимы по величине [2]. Выпадения из атмосферы ^{137}Cs глобального и чернобыльского происхождения в разные

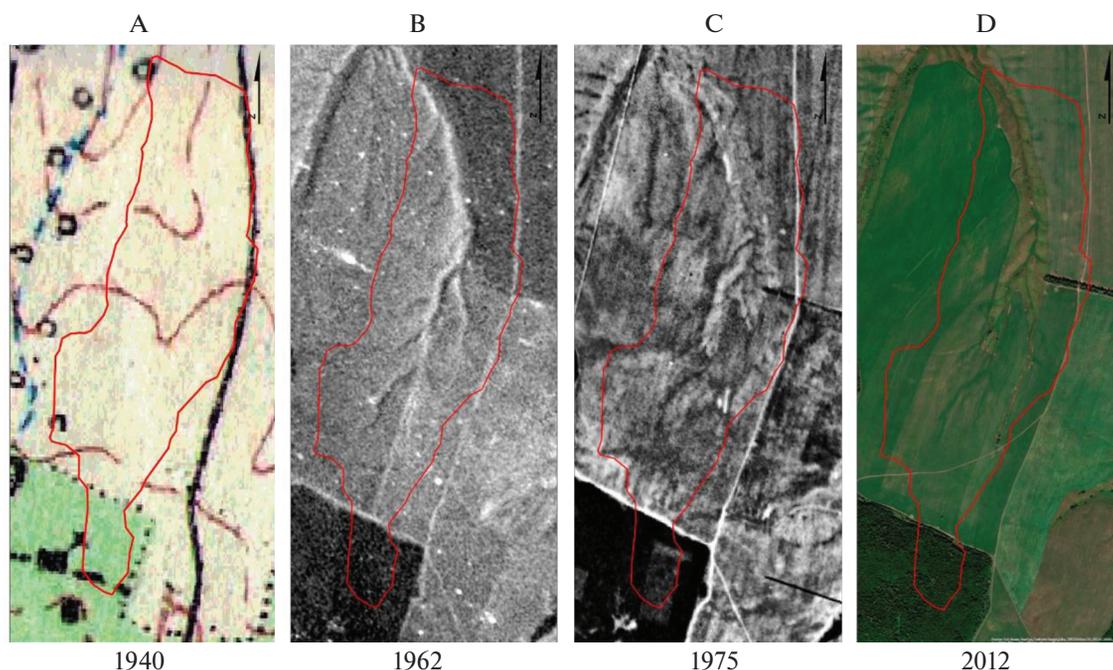


Рис. 2. Исследованная часть водосбора балки “Темева речка” на исторических картах и снимках: А – топографическая карта РККА, 1940 г., В – снимок со спутника КН-3, 1962 г., С – снимок со спутника КН-5, 1975 г., Д – снимок со спутника SPOT-5, 2012 г.

периоды времени усложняет использование радиоизотопа в качестве трассера для оценки перераспределения почвенных масс на пашне в пределах большей части Европы, однако дает возможность анализа общих тенденций во временной динамике эрозионно-аккумулятивных процессов за последние как минимум 60 лет [36, 48, 50].

С целью получения цифровой модели рельефа (ЦМР) исследуемого водосбора была проведена оцифровка топографической карты масштаба 1 : 10 000 с сечением рельефа 1 м в программе EasyTrace. По результатам оцифровки создана ЦМР в программе ArcGis 10.6, а также карты фактического материала и уклонов поверхностей водосбора (рис. 1). По данным ЦМР была выделена сеть ложбин, построены их продольные и поперечные профили, определены морфологические и морфометрические характеристики самих ложбин (табл. 1).

Все ложбины исследуемого водосбора на основе их морфологических и морфометрических характеристик были подразделены на 4 типа. *Первый* (I) тип – это сравнительно длинные ложбины-лощины (длиной более 1000 м) с малыми уклонами днища (0.03–0.04), сравнительно большой площадью водосбора, имеющие полигенетическое происхождение [10], с относительно слабым изменением рельефа и почв в процессе распашки и расположенные на юге исследуемого водосбора – ложбины 14 и 15 (рис. 1). *Второй* (II)

тип включает неглубоко врезанные (как правило менее 0.5 м) и короткие потяжины с относительно большими уклонами их днищ (2, 3, 4, 6, 7 и 8). Ложбины 9, 10 и 11 относятся к *третьему* (III) типу, отличающемуся от второго типа более глубоким врезанием (до 1–2 м), меньшими уклонами днищ и выпуклыми профилями тальвегов. Ложбины II и III типов, по-видимому, возникли после сведения лесов. В основу выделения водосборов ложбин *четвертого* (IV) типа (1, 5, 12 и 13) положена конфигурация рисунка ложбинной сети – древовидная сеть ложбин, которые, соединяясь вниз, образуют общее русло ближе к приустьевой части. В водосборах данных ложбин хорошо выражены бортовые врезы, которые читаются даже на менее детальных старых картах (рис. 2), указывающий на то, что ранее они могли быть оврагами. Возможный период их формирования – около 13 тыс. лет назад, когда происходило последнее максимальное врезание во флювиальной сети, обусловленное понижением базиса эрозии прав-Волги [46]. Однако этот вопрос требует дальнейшего отдельного рассмотрения. Позднее данные врезы постепенно заполнились за счет как развития процессов солифлюкции и, возможно, крипа, так и после распашки склонов водосбора путем переоотложения смытых со склонов почвенных масс.

На основе анализа ЦМР и с учетом различий в ложбинной морфологии были выбраны места отбора проб на распаханых склонах водосбора вдоль ряда тальвегов восьми крупных ложбин.

Таблица 1. Морфометрические характеристики ложбин и их водосборов

№ ложбины (см. рис. 1)	Длина основной ложбины, м	Профиль тальвега	Экспозиция склонов, на которых развивается ложбина	Уклон днища	S, га	Форма водосбора, K*	Тип ложбины
1	185	Вогнутый	СВ–В	0.07	4.26	1.8	IV
2	198	Прямой	З	0.11	2.23	1.5	II
3	245	Прямой	З	0.09	1.95	1.5	II
4	124	Прямой	З	0.18	1.08	1.6	II
5	352	Прямой	СВ–В	0.06	9.37	1.5	IV
6	192	Прямой	З	0.12	1.17	1.6	II
7	258	Прямой	З	0.10	2.10	1.5	II
8	120	Прямой	СЗ	0.12	1.30	1.3	II
9	164	Выпуклый	З–ЮЗ	0.13	1.62	1.2	III
10	250	Выпуклый	З–ЮЗ	0.07	4.12	1.1	III
11	253	Выпуклый	СВ–В	0.08	3.27	1.7	III
12	220	Выпуклый	В	0.08	3.19	1.4	IV
13	513	Выпуклый	СВ–В	0.05	12.4	1.4	IV
14	1010	Прямой	СВ	0.04	36.5	1.0	I
15	1268	Прямой	СЗ	0.03	23.6	1.9	I

* Форма водосбора рассчитывалась по следующей формуле: $K = 0.282 \times P/\sqrt{S}$, где P – периметр, S – площадь водосбора (чем больше K , тем больше отличие от формы круга).

Дополнительно по нескольким поперечным профилям крупных ложбин были отобраны образцы почвы (47 штук) на глубине 0–30 см для определения в них интегрального содержания ^{137}Cs . С целью анализа пространственной вариабельности интегральных запасов (глобальные и чернобыльские) ^{137}Cs , опорные, или условно эталонные, образцы были отобраны в данном слое почвы в пределах залуженных полей в лесном массиве Барский лес, расположенном в верховьях водосбора, где эрозионно-аккумулятивные процессы отсутствовали или были крайне слабы в последние как минимум 65 лет.

В лабораторных условиях все образцы высушивали до состояния, близкого к абсолютно сухому, при температуре 105°C , размалывали и просеивали через сито. В подготовленных для анализа пробах содержание ^{137}Cs измеряли на коаксиальном германиевом гамма-спектрометре (модель СКС-07(09) П-Г-Р) с погрешностью 5–10% на базе НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева (МГУ); ответственный исполнитель – М.М. Иванов. По итогам аналитических исследований в каждой точке была определена удельная активность ^{137}Cs и его суммарные запасы. Для перехода от суммарных запасов ^{137}Cs к темпам смыва/аккумуляции на почве в период с 1963 г. (год максимальных выпадений “бомбово-

го” цезия) по 2018 г. использовалась следующая пропорциональная модель [39, 41, 54]:

$$Y = (B_i d_i X_i) / 10t,$$

где Y_i – темпы смыва/аккумуляции, т/га в год; B_i – плотность почвы, $\text{кг}/\text{м}^3$; d_i – мощность пахотного горизонта, м; X_i – изменения суммарных запасов ^{137}Cs в точке ($X_i = ((A_{\text{ref}} - A_i) / A_{\text{ref}})$, где A_{ref} – суммарные запасы ^{137}Cs на опорном участке, $\text{Бк}/\text{м}^2$; A_i – суммарные запасы ^{137}Cs в конкретной точке отбора образца, $\text{Бк}/\text{м}^2$), t – количество лет, прошедших с начала выпадения ^{137}Cs .

Пересчет суммарных запасов ^{137}Cs в темпы эрозии/аккумуляции по пропорциональной модели позволяет количественно оценить темпы перераспределения наносов, включая прежде всего процессы водной эрозии и механического перемещения почвы при ее обработке, а также возможные потери почвы с урожаем корнеплодов в днищах ложбин и на их склонах за последние 55–60 лет.

Для интерпретации полученных результатов были проанализированы материалы многолетних метеорологических наблюдений (за 1964–2018 гг. – по температуре воздуха, количеству и интенсивности атмосферных осадков, а также по запасам воды в снеге) на близлежащей метеорологической станции “Казань-опорная”, расположенной в 40 км от исследуемого водосбора. Данная ин-

Таблица 2. Распределение удельной концентрации ^{137}Cs (Бк/кг) в почвах днищ различных типов ложбин изученной части водосбора “Темева речка” (в скобках дано количество образцов)

Тип ложбины	Верхняя часть ложбины	Средняя часть ложбины	Нижняя часть ложбины	В среднем	Склоны водосбора
I	8.8 (4)	14.7 (4)	13.8 (4)	12.4 (12)	9.3 (8)
II	16.2 (2)	6.4 (1)	5.8 (2)	9.5 (5)	–
III	4.1 (2)	8.7 (1)	3.1 (2)	5.3 (5)	–
IV	11.8 (6)	12.7 (5)	7.1 (4)	10.5 (15)	–

формация получена из Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации (ВНИИГМИ-МЦД) [20].

Дополнительно проанализирована информация по посевным площадям и чередованию культур, а также проведенным противоэрозионным мероприятиям на исследуемой территории [8, 19, 27].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опорное значение суммарных запасов и удельной концентрации ^{137}Cs (2363.9 ± 205.1 Бк/м², или 14.1 ± 2.3 Бк/кг) характеризует его общее выпадение (глобальное и чернобыльское) на ненарушенном (при условии отсутствия эрозии или аккумуляции) участке для данной местности с учетом периода полураспада. По отношению к опорным значениям, суммарные запасы ^{137}Cs в пределах пашни значительно изменяются – от 14 до 182%. В среднем концентрация ^{137}Cs в верхнем (до 30 см) слое почв днищ ложбин в пределах пахотной части водосбора оценивается в 10.5 ± 1.5 Бк/кг, причем максимальная концентрация ^{137}Cs выявлена в днищах ложбин первого типа, минимальная – третьего типа (табл. 2). Наибольшее содержание ^{137}Cs в почве в целом характерно для средней части днищ ложбин. Данная закономерность не прослеживается лишь в ложбинах второго типа, которые характеризуются наличием максимума в верхней части днищ (16.2 Бк/кг), что с учетом вариабельности распределения более или менее сопоставимо со значением содержания ^{137}Cs на опорном участке.

В пределах всех ложбинных водосборов средние темпы эрозии почв составляли 1.5 т/га в год. Наибольшие темпы наблюдались по всей длине ложбин третьего типа с выпуклым профилем (3–4 т/га в год); сопоставимые значения также были характерны и для верхних частей днищ ложбин первого, для средних частей второго типа и нижних частей ложбин второго и четвертого типов. В пределах средней распаханной части днища ложбин первого типа выявлены участки чередования эрозии и аккумуляции со скоростями 0.5 т/га в год. Наибольшие темпы аккумуляции (1 т/га в

год) наблюдались в вершинах и в низовьях ложбин второго типа.

Результаты оценок темпов смыва/намыва указывают на то, что как минимум в последние 55–60 лет на значительном протяжении днищ ложбин преобладали эрозионные процессы. Наибольшая интенсивность этих процессов была характерна для днищ ложбин, расположенных в восточной части водосбора (ложбины второго и третьего типов).

В целом средние многолетние темпы эрозии/аккумуляции в днищах и на бортах ложбин различного типа, полученные на основе радиоцезиевого метода, были достаточно малы за последние 60 лет на территории исследуемого водосбора, так как объемы вынесенного материала компенсировались механическим перемещением почвы при ее вспашке.

Сравнительно узкие водосборы ложбин первого типа способствуют медленному нарастанию стока воды по длине самих ложбин, а малые их уклоны определяют низкую эродирующую способность временных водотоков, формирующихся в днищах ложбин данного типа. Это приводит к транзиту наносов со склонов водосбора в днище основной балки. В результате этих процессов для данных ложбин характерно чередование участков размыва и аккумуляции наносов. С 1963 г. средние темпы эрозии почв в ложбинах первого типа составили 0.8 т/га в год. На коротких склонах данных водосборов средние темпы оцениваются в 6 т/га в год, но могут достигать 11 т/га в год в верхних частях. При этом следуют понимать, что в данном случае в суммарный вынос включена и механическая эрозия почв при их обработке.

Конфигурация водосборов ложбин второго и третьего типов способствует формированию концентрированного поверхностного стока, достаточного для размыва на большем протяжении днищ ложбин. Темпы эрозионных процессов в днищах ложбин второго типа составили около 2 т/га в год, и третьего типа – 4 т/га в год. Исключением являются верховья ложбин второго типа. Причиной выступает предельное сокращение площади водосбора, с которой поставляется вода в эту часть ложбин благодаря регрессивной эрозии на данных участках пашни, которые, соглас-

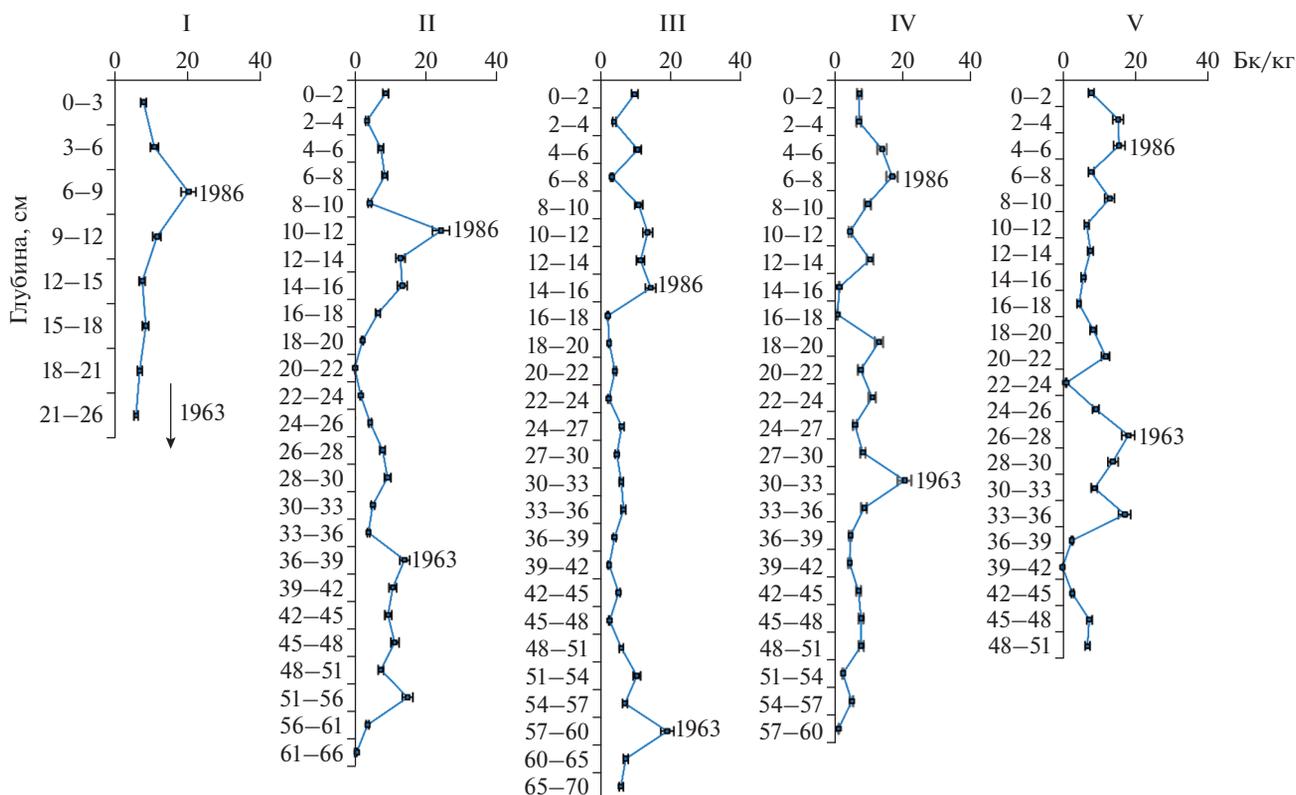


Рис. 3. Эпюры вертикального распределения удельной активности ^{137}Cs (I, II, ... — номера разрезов; их положение показано на рис. 1, А, Бк/кг — удельная активность ^{137}Cs , по данным [31] с дополнением).

но архивным данным, обрабатывались наиболее длительное время (рис. 2). В этой связи энергии временных водных потоков, поступающих в верховья ложбин, недостаточно для их врезания.

За последние 55–60 лет в пределах днищ ложбин четвертого типа средние темпы смыва составили 1.5 т/га в год (в их нижних частях — до 3.1 т/га в год). В это же время на участках днищ ложбин данного типа, расположенных в пределах пашни, происходил преимущественно транзит наносов и незначительный вынос материала за счет водной эрозии почв, усиливающейся по длине.

Оценка темпов аккумуляции в днище основной балки позволяет косвенно определить интенсивность эрозии почв на исследуемом водосборе за 2 периода (до и после 1986 г. — пика чернобыльского выпадения радиоактивного цезия). Согласно нашим предыдущим исследованиям [31], в период 1963–1986 гг. темпы аккумуляции в нераспаханном днище балки составили в среднем 5.4 т/га в год (рис. 3, разрезы I–V), тогда как в период 1986–2018 гг. — лишь 1.1 т/га в год, что позволяет предположить значительное сокращение интенсивности эрозии почв на водосборе. В верхней части днища балки (разрез II), которая является продолжением ложбины 14, темпы аккумуляции за первый период (1963–1986 гг.) были сопоста-

вимы со средними значениями для всего водосбора (5.5 т/га в год), за второй (1987–2015 гг.) — несколько больше указанного среднего — 1.3 т/га в год. На следующем (разрез III) участке (ложбины 11, 12, 15), расположенном ниже по течению, темпы аккумуляции составили в среднем 4.4 и 1.3 т/га в год соответственно. На третьем участке (разрез IV), который включает ложбины второго и третьего типов (7–10), ежегодно аккумулировалось за первый период 8.2 т/га, а за второй — 1.6 т/га. На самом нижнем участке (ложбины 1–6) ежегодная аккумуляция по периодам составила 4.6 и 0.7 т/га соответственно. По всей видимости сопоставимые темпы аккумуляции наблюдались и в нижней части правого склона нижнего сектора балки, на границе пашни и луга (разрез I).

Еще несколько десятилетий назад процессы смыва почв и аккумуляции наносов в Среднем Поволжье происходили преимущественно в период весеннего снеготаяния и зависели от зимних и ранневесенних температур воздуха и осадков, которые, в свою очередь, влияли на глубину промерзания почво-грунтов и снегозапасы. Зимневесенние температуры воздуха в регионе исследования до 1970-х гг. были устойчиво сравнительно низкие (рис. 4). Однако с конца 1970-х гг. наблюдается значительное повышение температуры

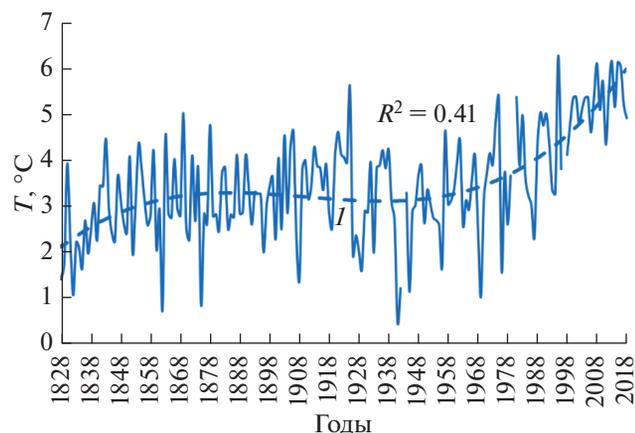


Рис. 4. Многолетняя динамика средних годовых температур воздуха (T): I — полиномиальный тренд четвертой степени; R^2 — коэффициент детерминации линии тренда.

воздуха как в зимний период [22], так и в период собственно весеннего снеготаяния (табл. 3). В целом низкие зимние температуры в прошлые десятилетия способствовали более активному формированию весеннего талого стока и почвенной эрозии, так как эти температуры, а также меньшее по сравнению с последними десятилетиями количество зимних осадков, приводили к увеличению глубины промерзания почвы и усилению весенних эрозионно-аккумулятивных процессов. Причем это происходило прежде всего в ложбинах, что в настоящее время наблюдается на юге Сибири [9]. Повышение температуры воздуха в последние десятилетия в зимние и весенние месяцы, наряду с ростом количества осадков в зимний период, наоборот, способствовали уменьшению глубины промерзания почвы [14]. Слабое промерзание почв и частые оттепели приводили к

увеличению фильтрации воды и пополнению запасов грунтовых вод в зимнее время. Это подтверждается современным значительным ростом расходов воды в период зимней межени [1, 52] и сокращением поверхностного стока в период снеготаяния [32], которое способствовало уменьшению половодного стока в реках региона [26]. Однако не исключено, что экстремально сильный смыв в ложбинах в период весеннего снеготаяния все же мог наблюдаться, но лишь при одновременном таянии снега на почве и выпадении дождей [44].

Однозначно сложно количественно оценить влияние летних атмосферных осадков и их временной динамики на изменение темпов эрозионной деградации почв по данным лишь одной метеорологической станции, расположенной в 40 км от исследуемого объекта, из-за сильной пространственной вариабельности интенсивности дождей. Сумма осадков теплого сезона за весь период наблюдений изменяется незначительно, с повышением в 1940–1950-х, 1980-х и в начале 2000-х гг., прерываясь периодами их уменьшения. Однако более значимыми в плане развития ливневой эрозии является периодичность и время выпадения стокоформирующих ливней. Наибольшую эрозионную опасность представляют дожди со слоем выпадения свыше 30 мм, наблюдающиеся либо в мае и начале июня, либо уже после уборки урожая в регионе, то есть со второй половины августа. Можно предположить, что влияние летних осадков осталось относительно неизменным (скорее всего эти изменения были статистически мало значимыми) из-за низких значений эрозионного индекса культур, высеваемых на водосборе в последние десятилетия, даже при некотором увеличении числа ливневых событий [15, 22]. Последние наблюдались, к примеру, в 2007, 2008, 2011 и 2017 гг. (по данным метеорологической станции

Таблица 3. Многолетние изменения метеорологических параметров в 1938–2018 гг. по данным метеостанции Казань-опорная

Период	Температура воздуха, °C			Количество дней в зимний период со среднесуточной температурой выше 0°C	Количество осадков, мм		Запасы воды в снеге в третью декаду марта, мм
	зимний период	март	апрель		холодный период	теплый период	
2008–2018	–9.4	–2.9	6.1	5.9	326.3	258.6	141.4
1998–2007	–8.8	–3.2	5.7	7.6	302.8	289.7	134.6
1988–1997	–9.1	–3	6.5	4.2	284.2	256.8	
1978–1987	–9.9	–4.4	4.9	2.4	207.1	291.9	99.6
1968–1977	–11.4	–4.3	6.3	2.5	249.8	258.1	92.3
1958–1967	–10.3	–5.2	4.8	3.6	213.4	266.5	
1948–1957	–11.4	–6.4	4.4	2.6	170.0	281.5	
1938–1947	–12.1	–5.4	3.8	0.9	150.8	283.9	

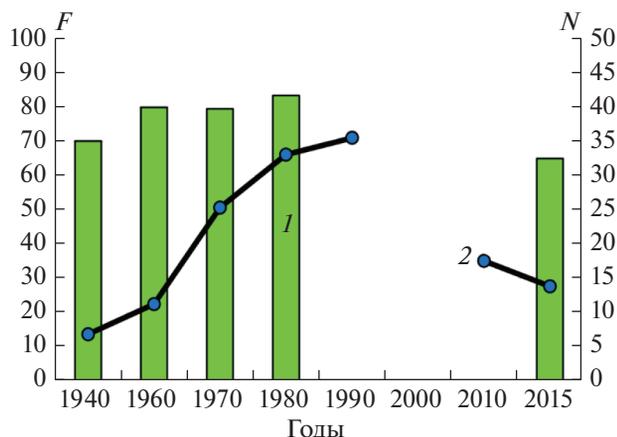


Рис. 5. Динамика изменения посевной площади и количества тракторов в регионе исследования в период 1940–2015 гг. Условные обозначения: *F* – вся посевная площадь Пестречинского района Республики Татарстан, тыс. га (1); *N* – общее количество тракторов в Республике Татарстан, тыс. шт. (2).

Казань-опорная). Роль изменения климата в усилении/ослаблении эрозии почв, вероятнее всего, проявлялась одинаково для всех типов ложбин.

Немаловажную роль в изменении темпов эрозии почв сыграла история земледельческого освоения данного водосбора и способы обработки почвы. Интенсивное сведение лесов, распашка относительно крутых склонов, отсутствие противоэрозионных мероприятий привели к многократному усилению эрозии почв на региональном уровне и появлению ложбин II и III типов и трансформации ложбин I и IV типов в пределах водосбора. В работе Голосова с соавт. [37] показано, что продолжительность использования земель в качестве пашни не оказывает ключевого влияния на соотношение почв разной степени смывости. Реформы сельского хозяйства, которые начались в 1930-е гг., привели к усилению эрозионных процессов, что было связано с повсеместным использованием сельскохозяйственной техники (рис. 5). Так, в пределах современной Республики Татарстан количество тракторов с 1941 по 1990 гг. увеличилось почти в 6 раз [19, 30]. Использование сельскохозяйственной техники могло сказаться на переуплотнении почв в 1970-е гг., когда применялись тяжелые тракторы “Кировец”, что усилило развитие плоскостной эрозии почв и аккумуляции наносов в днищах ложбин, особенно в их средней и нижних частях (I и IV типы), а также привело к размыву в ложбинах II и III типов. Усиление почвенной эрозии в указанный период подтверждается косвенными данными. Например, согласно [16], в долине реке Суладжа (левый приток р. Мёши, пахотная освоенность – 53%) средняя скорость аккумуляции пойменного наилка в период с 1983 по 1990 гг. составляла 14.4 мм/год, что было на порядок боль-

ше, чем темпы аккумуляции после 1990 г. в бассейнах малых рек даже с более высокой освоенностью [17]. В 1980-е гг. наблюдалось усиление темпов овражной эрозии в регионе исследования [5]. В этой связи, с конца 1980-х гг. начали активно проводить различные противоэрозионные мероприятия, которые затронули и исследуемый водосбор [24]. После распада СССР, по данным спутниковых снимков Landsat [27], площадь пашни и ее конфигурация на территории водосбора практически не изменились. Но значительные изменения в сторону сокращения веса используемой сельскохозяйственной техники способствовали улучшению водопроницаемости почв и, как следствие, уменьшению поверхностного стока на склонах, включая ложбины. Этому также могло способствовать некоторое сокращение поголовья скота на пастбищах водосбора, особенно в 1990-х гг.

Густота ложбинного расчленения в пределах лесостепной зоны востока Восточно-Европейской равнины сравнима с густотой современного долинно-балочного расчленения [10]. Густота балочной сети в пределах Западного Предкамья, где располагается исследуемый водосбор, составляет 0.76 км/км². Сопоставимые значения (0.56–0.98 км/км²) характерны для всего востока Восточно-Европейской равнины [21]. Исследуемый водосбор по характеру расчленения склонов междуречий ложбинной сетью является репрезентативным для бассейна р. Мёши [31], который расположен в Западном Предкамье Республики Татарстан. Можно предположить, что полученные в ходе настоящего исследования результаты в целом репрезентативны для отдельных регионов лесостепной зоны востока Восточно-Европейской равнины со схожим характером расчленения и историей земледельческого освоения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование радиоцезиевого метода позволило количественно оценить скорости эрозионно-аккумулятивных процессов на почвах ложбин различного генезиса и возраста в пределах типичного малого водосбора лесостепной зоны востока Восточно-Европейской равнины за последние 55–60 лет. На основе морфолого-морфометрических характеристик изученные ложбины были разделены на 4 типа. Два типа ложбин (I и IV), сформировавшихся еще в доагрикультурное время, по-видимому, в плейстоцене, тогда как ложбины (потяжины) II и III типов возникли после вырубки леса.

Для ложбин и потяжин II и III типов средние темпы эрозии почв в их днищах составляют 2–4 т/га в год в зависимости от уклонов, что постепенно ведет к сокращению мощности гумусового горизонта. Ложбины I типа имеют небольшой уклон и

по сути являются зонами транзита эрозионных продуктов, смываемых с их водосборов, с почти нулевым балансом наносов. В ложбинах IV типа на большем протяжении их днищ также доминируют процессы транзита, но в их нижних частях, где происходит слияние нескольких небольших приточных ложбин, идут процессы почвенной эрозии со скоростью около 3 т/га в год.

Средняя многолетняя эрозия бортов ложбин с 1963 по 2018 гг. составила 5–7 т/га в год. В целом именно по ложбинной сети происходит основной вынос наносов, смываемых с эрозионно-активной части водосбора (прежде всего с пашни). Большая часть смываемых наносов переоткладывается на нижних залуженных участках днищ ложбин и, главным образом, в днище главной балки.

Анализ климатических изменений в регионе исследования за 80-летний период позволяет сделать вывод, что вплоть до начала 1990-х гг. талый сток вносил существенный вклад в смыв почвы со склонов и размыв днищ ложбин. В последние 30 лет он проявлялся лишь эпизодически. Ливневой сток имел волнообразную динамику, в среднем незначительно меняясь во времени. В гораздо большей степени на уменьшение современных темпов эрозионно-аккумулятивных процессов на почвах водосбора “Темева речка” могло повлиять уменьшение количества тяжелой техники, ограничение выпаса скота, а также проведенные ранее противоэрозионные мероприятия.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Авторы признательны В.Н. Голосову (МГУ, ИГ РАН) за помощь в проведении полевых исследований и консультации при написании статьи.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ № 19-17-00064), а также за счет средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апхтин А.В., Кумани М.В.* Современные изменения условий формирования слоя стока весеннего половодья рек Курской области // Ученые записки. Электронный научный журн. Курского государственного университета. 2012. № 1. С. 23–38.
2. Атлас радиоактивного загрязнения европейской части России, Белоруссии и Украины / Под ред.

Ю.А. Израэль. М.: Федеральная служба геодезии и картографии России, 1998. 143 с.

3. *Беляев Ю.Р., Григорьева Т.М., Сычева С.А., Шеремяцкая Е.Д.* Развитие балочных верховий центра Среднерусской возвышенности в конце среднего-позднем неоплейстоцене // Геоморфология. 2015. № 1. С. 43–55.
4. *Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швеиц Н.В.* Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. [Электронный ресурс]. <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения: 18.05.2020).
5. *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.
6. *Голосов В.Н.* Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
7. *Дедков А.П.* Неотектоника и геоморфология Татарстана. М.: ГЕОС, 2003. 364 с.
8. Документы (план. справка) по строительству противозэрозионных сооружений за 1989 г. Казань: Татмелиорация, 1989. 19 с.
9. *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.
10. *Еременко Е.А., Панин А.В.* Происхождение ложбинной сети в центральных и южных районах Восточно-Европейской равнины // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2011. № 3. С. 59–66.
11. *Иванова Н.Н., Голосов В.Н., Жохова А.В., Тишкина Э.В.* Агрогенная трансформация почвенного покрова малого водосбора // Почвоведение. 1998. № 2. С. 213–222.
12. *Иванова Н.Н., Тишкина Э.В.* Трансформация профиля агросерой почвы на склоне, осложненном ложбинами (на примере бассейна р. Зуша) // Почвоведение. 2008. № 7. С. 877–888.
13. *Израэль Ю.А.* Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. СПб.: Прогресс-Погода, 1996. 355 с.
14. *Калюжный И.Л., Лавров С.А.* Влияние климатических изменений на глубину промерзания почв в бассейне р. Волга // Лед и снег. 2016. № 2(56). С. 207–220.
15. *Китаев Л.М., Трофимова Л.Б., Комаровская Е.В., Данилович И.С., Бильдюг А.А.* Многолетняя изменчивость осадков и формирование снежного покрова Восточно-Европейской равнины // Криосфера Земли. 2010. № 3(14). С. 77–81.
16. *Курбанова С.Г.* Влияние хозяйственной деятельности на изменение гидросети и накопление аллювия на малых реках востока Русской равнины. Казань: Изд-во КазГУ, 1992. С. 108–113.
17. *Маркелов М.В., Голосов В.Н., Беляев В.Р.* Изменение скорости аккумуляции наносов на поймах ма-

- лых рек в центре Русской равнины // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2012. № 5.
18. *Марков М.В.* Растительность Татарии. Казань: Татгосиздат, 1948. 128 с.
19. Народное хозяйство Татарской АССР за 60 лет // Юбилейный статистический сборник. Казань: Тат. книж. Изд-во, 1980. 143 с.
20. Метеорологические данные. Материалы свободного электронного доступа // ВНИИГМИ–МЦД, Всероссийского НИИ гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. [Электронный ресурс]. www.meteo.ru. (дата обращения: 21.03.2020)
21. Овражная эрозия востока русской равнины. Казань: Изд-во КазГУ, 1990. 142 с.
22. *Переведенцев Ю.П.* Климат Казани и его изменения в современный период. 2006. 216 с.
23. *Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Важнова Н.А.* Пространственно-временные изменения основных показателей температурно-влажностного режима в Приволжском федеральном округе // Метеорология и гидрология. 2014. № 4. С. 32–48.
24. Постановление 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 году” [принят Советом Министров Татарской Автономной Советской Социалистической Республики]. 1997. 15 с.
25. Почвенная карта Татарской АССР. Масштаб 1 : 600000 Государственный агропромышленный комитет РСФСР. Винницкая картографическая фабрика ГКУК, 1985.
26. *Сафина Г.Р., Голосов В.Н.* Влияние изменений климата на внутригодовое распределение стока малых рек южной половины европейской территории России // Ученые записки Казанского университета. Сер. Естественные науки. 2018. № 1(160). С. 111–125.
27. Снимки Landsat. Геологическая служба США // Downloaded on [Электронный ресурс]. <http://landsatlook.usgs.gov/>. (дата обращения: 17.07.2020)
28. *Ступишин А.В., Дуглав В.А., Лантева Н.Н.* Географический анализ овражно-балочных систем в пределах Татарской АССР. Казань: Изд-во КазГУ, 1980. 152 с.
29. *Трофимец Л.Н., Паниди Е.А.* Методические подходы к применению радиоцезиевого метода при изучении смыва и аккумуляции на пахотных склонах, осложненных ложбинным мезо-и микрорельефом // Проблемы региональной экологии. 2014. № 4. С. 147–152.
30. Федеральная служба государственной статистики База данных показателей муниципальных образований: сельское хозяйство [Электронный ресурс]. <https://rosstat.gov.ru/dbscripts/munst/munst92/DBInet.sgi>. (дата обращения: 17.07.2020)
31. *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.
32. *Barabanov A.T., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Panov V.I., Petel'ko A.I.* Surface Runoff and Snowmelt Infiltration into the Soil on Plowlands in the Forest-Steppe and Steppe Zones of the East European Plain // Eurasian Soil Science. 2018. V. 1(51). P. 66–72.
33. *Belyaev V.R., Wallbrink P.J., Golosov V.N., Murray A.S., Sidorchuk A.Y.* A comparison of methods for evaluating soil redistribution in the severely eroded Stavropol region, southern European Russia // Geomorphology. 2005. V. 3(65). P. 173–193.
34. *Cremers A., Elsen A., De Preter P., Maes A.* Quantitative analysis of radiocaesium retention in soils // Nature. 1988. V. 6187(335). P. 247–249.
35. *Desmet P.J.J., Govers G.* Two-dimensional modelling of the within-field variation in rill and gully geometry and location related to topography // Catena. 1997. V. 3–4(29). P. 283–306.
36. *Golosov V.N.* Special considerations for areas affected by Chernobyl fallout. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, Springer, 2002. P. 165–183.
37. *Golosov V.N., Collins A.L., Dobrovolskaya N.G., Bazhenova O.I., Ryzhov Y.V., Sidorchuk A.Y.* Soil loss on the arable lands of the forest-steppe and steppe zones of European Russia and Siberia during the period of intensive agriculture // Geoderma. 2021. V. 381. P. 114678.
38. *Govers G., Quine T.A., Desmet P.J.J., Walling D.E.* The relative contribution of soil tillage and overland flow erosion to soil redistribution on agricultural land // Earth surface processes and landforms. 1996. V. 10(21). P. 929–946.
39. *He Q., Walling D.E.* The distribution of fallout ^{137}Cs and ^{210}Pb in undisturbed and cultivated soils // Applied Radiation and Isotopes. 1997. V. 5(48). P. 677–690.
40. *He Q., Walling D.E.* Interpreting particle size effects in the adsorption of ^{137}Cs and unsupported ^{210}Pb by mineral soils and sediments // J. Environmental Radioactivity. 1996. V. 2(30). P. 117–137.
41. *Jong E. de, Begg C.B.M., Kachanoski R.G.* Estimates of soil erosion and deposition for some Saskatchewan soils // Canadian J. Soil Science. 1983. V. 3(63). P. 607–617.
42. *Moore I.D., Burch G.J.* Modelling erosion and deposition: topographic effects // Transactions of the ASAE. 1986. V. 6(29). P. 1624–1630.
43. *Morris C.D., Loughran R.J.* Distribution of caesium-137 in soils across a hillslope hollow // Hydrological processes. 1994. V. 6(8). P. 531–541.
44. *Øygarden L.* Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway // Catena. 2003. V. 2–4(50). P. 217–242.
45. *Panin A.V., Walling D.E., Golosov V.N.* The role of soil erosion and fluvial processes in the post-fallout redistribution of Chernobyl-derived caesium-137: A case study of the Lapki catchment, Central Russia // Geomorphology. 2001. V. 3–4(40). P. 185–204.
46. *Panin A., Borisova O., Konstantinov E., Belyaev Y., Eremenko E., Zakharov A., Sidorchuk A.* The Late Quaternary Evolution of the Upper Reaches of Fluvial Sys-

- tems in the Southern East European Plain // *Quaternary*. 2020. V. 4(3). P. 31.
47. *Platoncheva E., Yermolaev O., Essuman-Quainoo B.* Spatial-Temporal Dynamics of the Ephemeral Gully Belt on the Plowed Slopes of River Basins in Natural and Anthropogenic Landscapes of the East of the Russian Plain // *Geosciences*. 2020. V. 5(10). P. 167.
 48. *Porto P., Walling D.E., Alewell C., Callegari G., Mabit L., Mallimo N., Meusburger K., Zehringer M.* Use of a ¹³⁷Cs re-sampling technique to investigate temporal changes in soil erosion and sediment mobilisation for a small forested catchment in southern Italy // *J. Environmental Radioactivity*. 2014. V. 138. P. 137–148.
 49. *Shin S.S., Park S.D., Lee K.S.* Sediment and hydrological response to vegetation recovery following wildfire on hillslopes and the hollow of a small watershed // *J. Hydrology*. 2013. V. 499. P. 154–166.
 50. *Stefano C., Ferro V., Porto P.* Linking sediment yield and caesium-137 spatial distribution at basin scale // *J. Agricultural Engineering Research*. 1999. V. 1(74). P. 41–62.
 51. *Tarolli P., Dalla Fontana G.* Hillslope-to-valley transition morphology: New opportunities from high resolution DTMs // *Geomorphology*. 2009. V. 1–2(113). P. 47–56.
 52. *Tsybarovich P., Kust G., Kumani M., Golosov V., Andreeva O.* Soil erosion: An important indicator for the assessment of land degradation neutrality in Russia // *International Soil and Water Conservation Research*. 2020. V. 4(8). P. 418–429.
 53. *Vandekerckhove L., Poesen J., Wijdenes D.O., De Figueiredo T.* Topographical thresholds for ephemeral gully initiation in intensively cultivated areas of the Mediterranean // *Catena*. 1998. V. 3–4(33). P. 271–292.
 54. *Walling D.E., He Q., Quine T.A.* Use of caesium-137 and lead-210 as tracers in soil erosion investigations // *IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences*. 1995. V. 229. P. 163–172.
 55. *Yoo K., Amundson R., Heimsath A.M., Dietrich W.E.* Erosion of upland hillslope soil organic carbon: Coupling field measurements with a sediment transport model // *Global biogeochemical cycles*. 2005. V. 3(19).

Features of Modern Erosion and Sedimentation on Forest-Steppe Gray Forest Soils within Hollows of a Small Catchment in the Republic of Tatarstan (European Russia)

A. G. Sharifullin¹, * and A. V. Gusarov¹

¹ *Kazan Federal University, Kazan, 420008 Russia*

*e-mail: AGSharifullin@kpfu.ru

The paper presents the results of assessing the rates of erosion and sedimentation processes on gray forest soils (*Luvic Retic Greyzemis Phaeozems*) in the hollows of the small forest-steppe catchment Temeva Rechka (the Myosha River basin, Republic of Tatarstan, Russia) over the past 55–60 years using radiocesium technique. Within the studied catchment, depending on the exposure of slopes, length, gradient and shape of the thalweg profile, origin, age, and also the nature of erosion processes, the typification of the hollows was carried out. There are short agrogenic hollows with a small catchment area on relatively steep western slopes, which were probably formed after deforestation. The configuration of the catchments of these erosional forms contributes to the formation of surface runoff sufficient for erosion over a greater extent of their bottoms at a rate of about 2–4 t/ha per year. Older and relatively long hollows with small bottom slopes and a larger catchment area, which have a polygenetic origin, are zones of sediment transit from plowed catchments in the bottom of the central dry valley Temeva Rechka. They are characterized by alternating areas of soil erosion and the accumulation of sediments on them. The average rate of soil erosion in these landforms is 0.8 t/ha per year. Still, for some hollows characterized by the confluence of several small tributaries in the lower part, soil erosion processes increase up to 3 t/ha per year. The average rate of soil erosion loss is estimated at 6 t/ha per year on the short slopes of the hollows, but it can reach 11 t/ha per year in their upper parts. There has been a general weakening of soil erosion rates and accumulation of eroded material in recent decades due to climate and land-use changes.

Keywords: dry valley, hollow, cesium-137, water runoff, sediment, soil erosion, plowland