

А.Г. Шарифуллин, к.г.н., ассистент
Казанский федеральный университет

**Аккумуляция наносов в днище балок
(на примере балок в бассейнах р. Ведуга и р. Меша)¹**
(научный руководитель – д.г.н. В.Н. Голосов)

Аккумуляция наносов в днищах балок позволяет оценить интенсивность эрозионных процессов на сельскохозяйственных землях. При этом основными причинами эрозии являются антропогенная составляющая (вид землепользования и севооборот) и климатические факторы (количество осадков, интенсивность ливней, глубина промерзания почвы, и запас воды в снеге). Цель данной работы сравнительный анализ изменений темпов аккумуляции в днищах балок лесостепной зоны и зоны широколиственных лесов сельскохозяйственно освоенных малых водосборов первого порядка Восточно-Европейской равнины, который основан на детальном изучении и датировке аккумулятивных толщ в сочетании с анализом морфометрических характеристик самих балок. В настоящее время темпы накопления сносимых со склонов почвенно-грунтовых частиц в различных регионах мира определяются с использованием изотопа цезия-137 (¹³⁷Cs) [Голосов и др, 1992; Golosov et al., 2013; Golosov et al., 1999; Loughran, 1994; Higgitt, 1995; Porto et al., 2011; Walling et al., 2000]. Данный изотоп искусственного происхождения появился в окружающей среде с началом проведения ядерных взрывов, то есть в 1954 г. Различают ¹³⁷Cs глобального происхождения, выпавший по всей Земле в период проведения ядерных испытаний в открытой атмосфере с максимальным выпадением в 1963 г. и ¹³⁷Cs Чернобыльского происхождения, связанный с аварией на ЧАЭС и выпавший преимущественно в Восточной и Центральной Европе, и Скандинавии [Голосов, 2000; Жидкин, 2015].

В качестве объекта исследования были выбраны типичные для регионов по своим морфометрическим характеристикам водосборы первого порядка, расположенные в пределах бассейна р. Ведуги (правый приток р. Дона, $F = 1570 \text{ км}^2$), в 25 км к северо-западу от г. Воронежа на юге лесостепной зоны и водосбора Темева речка, расположенного в бассейне р. Мешы (правый приток р. Волга, $F = 4180 \text{ км}^2$), расположенный в 35 км к юго-востоку от г. Казани в пределах зоны широколиственных лесов. В двух исследуемых районах в 70-е годы были проведены противоэрозионные мероприятия. Данные виды работы включали создание систем прудов, перехватывающих часть стока воды и большую часть стока наносов.

Выбор водосбора в бассейне р. Ведуга был основан на результатах анализа определения морфометрических показателей (средняя высота,

¹ Выполнено при финансовой поддержки Российского Научного фонда (проект № 15-17-20006)

средний уклон и площадь водосбора) водосборов первого порядка. Все водосборы по этим трем показателям были распределены на 9 классов по формуле Стерджеса. Выбранный для детальных исследований водосбор балки по средней высоте, среднему уклону и площади водосбора принадлежит числу модальных водосборов первого порядка в бассейне р. Ведуги.

Длина малой долины (балки), являющейся частью более крупной балочной системы, расположенной в Воронежской области, составляет 1170 м (с ложбиной – 1320 м), в Татарстане – 1327 м (с ложбиной – 1506 м), площади водосборов составляют 0,99 км² и 2,38 км², площади балочных форм – 0,11 км² и 0,18 км², площади днищ – 0,02 км² и 0,03 км², средние уклоны днищ – 0,04 и 0,03 соответственно. Средние высоты водосборов – 175 м и 158 м, размах высот рельефа – 41 м и 69 м.

Склоны междуречий двух водосборов полностью распаханы, причем верхние части водосборов распахируются до бровок балок, борта и днище которых залужены, и используются для выпаса скота. В верхней трети балочного днища в Воронежской области имеется земляная дамба, сооруженная, вероятно, в 1970-е годы и перехватывавшая сток наносов с верхней части водосбора (рис. 1). В тальвеге долины балки бассейна реки Меша отмечаются многочисленные эрозионные врезы (рис. 2). Наносы поступают в днище балок как по ложбинам, которые подходят по пашне к вершине балки, так и с бортов южной и западной экспозиции. На левом борту в Воронежской области и правом борту в Татарстане пашня подходит к бровке балки, и на границе пашня-задернованный борт балки имеется хорошо выраженная напашь. Однако емкость ее уже исчерпана, и наносы, смываемые с пашни, поступают в днище балки.

Во время полевых исследований осуществлялась тахеометрическая съемка тальвега и бортов балки электронным цифровым тахеометром, по результатам которой в сочетании с детальным полевым обследованием были составлены морфодинамические карты (рис. 1, рис. 2), с выделением различных элементов рельефа, участков аккумуляции и транзита наносов и путей их поступления со склонов в днище балки. Кроме того, проведено детальное обследование балок с целью определения границ днища балки, бровок склонов, истоков и устьев, балочных отвершков, напашей, а также характера растительности с целью использования метода фитоиндикации для определения путей транспорта и аккумуляции наносов. В результате выполненного обследования были выбраны места заложения четырех почвенных разрезов, каждый из которых характеризует различные по степени транзитности участки днища (рис. 1, рис. 2). Для I–IV разрезов двух балок послойно до глубины 0,2 м через 2 см, для глубин 0,2–0,5 м – через 3 см, для глубин более 0,5 м – через 5 см, были отобраны образцы почв с фиксированной площади (до глубины 0,5 м – 10×15 см, более 0,5 м – 10×10 см) для определения концентрации изотопа ¹³⁷Cs.

В лабораторных условиях определялась удельная активность ^{137}Cs в почвенных образцах. Вначале образцы почв высушивали до абсолютно сухого состояния при температуре 105°C , затем размалывали и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. В подготовленных для анализа пробах содержание ^{137}Cs измеряли на коаксиальном германиевом гамма-спектрометре с относительной погрешностью определения удельной активности 5–10%. Подготовку (просушку, гомогенизацию) и гамма-спектрометрический анализ проб почвы проводили в Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Макавеева Географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. По результатам проведения аналитических работ были построены эпюры вертикального распределения изотопа ^{137}Cs и определены объёмы наносов, отложившихся в днище за два интервала времени 1954(1963)-1986 гг. и 1986-2015 гг. (рис. 3). Определение объемов накопленного материала осуществлялось путем вычисления площадей фигур (трапеций) на участках, где были построены поперечные профили и определены расстояния между ними. Основаниями трапеции служили ширина днища и ширина на глубине максимального содержания цезия 1986 г. и 1963 г. (1954 г.) в почвенных разрезах, которая определялась по уклонам бортов долины. Расстояние между поперечными сечениями определялось по продольному профилю. Полученные объемы пересчитывались в весовые величины путем их перемножения на среднюю плотность почвенных образцов.

К сожалению, пики максимальных уровней глобальных выпадений изотопа ^{137}Cs в балке бассейна реки Ведуга идентифицировать не удалось (рис. 3А), так как в 1960-е годы в днище балки процессы размыва преобладали над процессами аккумуляции, то есть по сути это был действующий овраг. В дальнейшем по мере заполнения наносами днища принимающей долины (на которую открывается устье данной балки), процесс преобладания эрозии в днище долины сменился аккумуляцией. Тем не менее, общий объем аккумуляции за период 1954-1985 гг. в балке бассейна р. Ведуги составляет как минимум 8,02 тыс. тонн, или 259 т/год, тогда как за период 1986-2015 гг. отложилось порядка 3,61 тыс. тонн, или 120 т/год, то есть даже с учётом более интенсивного выноса наносов за пределы балки в период 1954-1986 гг. ежегодно откладывалось в два раза больше наносов. Что по сути означает и как минимум двукратное превышение темпов смыва в этот период.

В долине балки, расположенной в бассейне р. Меша, четко выделяются несколько пиков активности ^{137}Cs (рис. 3Б). Это пики 1963 г. и 1986 г., а также пики, связанные с размывом и переотложением наносов. Общий объем аккумуляции в данной балке за период 1963-1985 гг. составляет 8,38 тыс. тонн, или 364 т/год, а 1986 по 2015 гг. – 2,32 тыс. тонн, или 77,3 т/год. То есть в данном случае темпы аккумуляции сократились более чем в 4 раза.

Учитывая, что для второго периода аккумуляция наносов была доминирующим процессом, можно сделать общий вывод о том, что темпы механической денудации на водосборе в период после 1986 г. снизились как минимум вдвое для балки в Воронежской области и вчетверо – для объекта исследований в Татарстане.

В долине балки, расположенной в бассейне р. Ведуга, как уже было сказано выше, построена земляная дамба, которая задерживает большую часть наносов, поступающих с пашни. Выше этой дамбы за два периода накопилось 3,14 тыс. тонн материала: с 1954-1985 гг. отложилось 1,91 тыс. тонн (1,38 т/га в год), а с 1986-2015 гг. – 1,22 тыс. тонн (0,91 т/га в год). Другими словами, весь материал, смытый с пашни после 1986 г. близка к величине фактического смыва для верхней части долины балки.

Основная часть наносов, накопленных в балочном днище, поступает с пашни за счет развития плоскостного и ручейкового смыва, о чем свидетельствуют конусы выноса, рудеральная растительность (рис. 1, рис. 2). Также дополнительным источником наносов в балке бассейна р. Ведуга являлся материал, образовавшийся за счет формирования оврагов на левом борту балки, преимущественно в период до 1986 года, если исходить из анализа состава отложений, накопившихся в днище долины. В настоящее время вклад овражной эрозии минимален, и связан с началом формирования вторичных врезом по левому борту балки в её нижнем течении (рис.1).

От вершины к устью двух балок закономерно изменяются ширина днища, и уклоны склонов. По ширине днища и уклонам склонов балки были разделены на несколько участков и для каждого участка были рассчитаны темпы аккумуляции.

В верхней части балки, расположенной в Воронежской области, с пологими склонами и днищем, шириной 14-15 м, за два периода не превышает 0,3 т/га в год (рис. 1). Далее, на следующем участке, до плотины, увеличивается крутизна склонов и ширина днища составляет 30 м, темпы аккумуляции за первый период (1954-1985 гг.) составляет 0,44 т/га в год, а за второй (1986-2015 гг.) – 0,2 т/га в год. В средней и нижней части балки происходит сужение днища до 7-12 м и увеличение крутизны бортов. Здесь также имеются четыре отвешка, в пределах двух из них началось формирование вторичных врезом. Темпы аккумуляции для средней части составляют с 1954 по 1985 гг. 1,34 т/га в год и 0,57 т/га в год – с 1986 по 2015 гг.

В пределах водосбора Темева речка на всем протяжении балки преобладают склоны средней крутизны (рис. 2). В верховьях борта балки имеют небольшую крутизну и ширину днища 10-15 метров. Здесь ежегодно аккумуляровалось за первый период (1964-1985 гг.) 0,2 т/га в год, за второй (1986-2015 гг.) – 0,04 т/га в год. На следующем участке, расположенном ниже наблюдается увеличение ширины до 20-25 м и крутизны. Темпы аккумуляции здесь составляют 0,43 т/га в год (1964-1985 гг.) и 0,12 т/га в год (1986-2015 гг.). В нижней части балки, где увеличивается крутизна склонов левого борта,

ширина дна достигает 25 метров. Ежегодная аккумуляция с 1964 г. по 1985 г. составила 0,06-0,09 и 0,35-0,48 т/га в год за 1986-2015 гг.

Основной причиной отмеченных различий в темпах эрозионно-аккумулятивных процессов является, на наш взгляд, изменение гидрометеорологических условий в регионе. За последние более чем полвека здесь отмечается устойчивая тенденция повышения температуры атмосферного воздуха в зимний период, что привело, очевидно, к снижению глубин промерзания почвы и, как следствие, к сокращению поверхностного стока воды и наносов в период весеннего снеготаяния. Одновременно участвовавшие зимние оттепели привели к уменьшению запасов воды в снеге на период снеготаяния.

В дальнейшем планируется осуществить более детальную оценку влияния гидрометеорологических факторов на темпы аккумуляции, произвести оценку вклада различных процессов и составить карту для всего бассейна рек Ведуги и Меши, распространив данные детальных полевых исследований на весь бассейн в каждом из исследуемых регионов.

Список использованной литературы

Голосов В.Н. Использование радионуклидов при исследовании эрозионно-аккумулятивных процессов // Геоморфология. 2000. № 2. С. 26–33.

Голосов В.Н., Силантьев А.Н., Острова И.В., Шкуратова И.Г. Радионуклидный метод оценки темпов внутрибассейновой аккумуляции // Геоморфология. 1992. № 1. С. 30–36.

Жидкин А.П., Голосов В.Н., Светличный А.А., Пяткова А.В. Количественная оценка перераспределения наносов на пахотных склонах на основе использования полевых методов и математических моделей. // Геоморфология. 2015. №2. С. 41-53.

Golosov V.N., Belyaev V.R., Markelov M.V. Application of Chernobyl-derived ¹³⁷Cs fallout for sediment redistribution studies: lessons from European Russia // Hydrological Processes. 2013. V. 27. № 6. P. 807–821.

Golosov V.N., Panin A.V., Markelov M.V. Chernobyl ¹³⁷Cs Redistribution in the Small Basin of the Lokna River. Central Russia // Phys. Chem. Earth (A). 1999. V. 24. № 10. P. 881–885.

Loughran R.J. The use of the environmental isotope caesium-137 for soil erosion and sedimentation studies // Trend in Hydrology. 1994. № 1. P. 149–167.

Higgitt D.I. The Development and Application of Caesium-137 Measurements in Erosion Investigation // Sediment and Water Quality in River Catchments. Ed. By I. Foster. A. Gurnell and B. Webb. John Wiley & Sons Ltd. 1995. P. 287–305.

Porto P., Walling D.E., Callegari G. Using ¹³⁷Cs measurements to establish catchment sediment budgets and explore scale effects // Hydrological Processes. 2011. V. 25. P. 886–900.

Walling D.E., Golosov V.N., Panin A.V., He Q. Use of radiocaesium to investigate erosion and sedimentation in areas with high levels of Chernobyl fallout // Tracers in Geomorphology. 2000. P. 183–200.

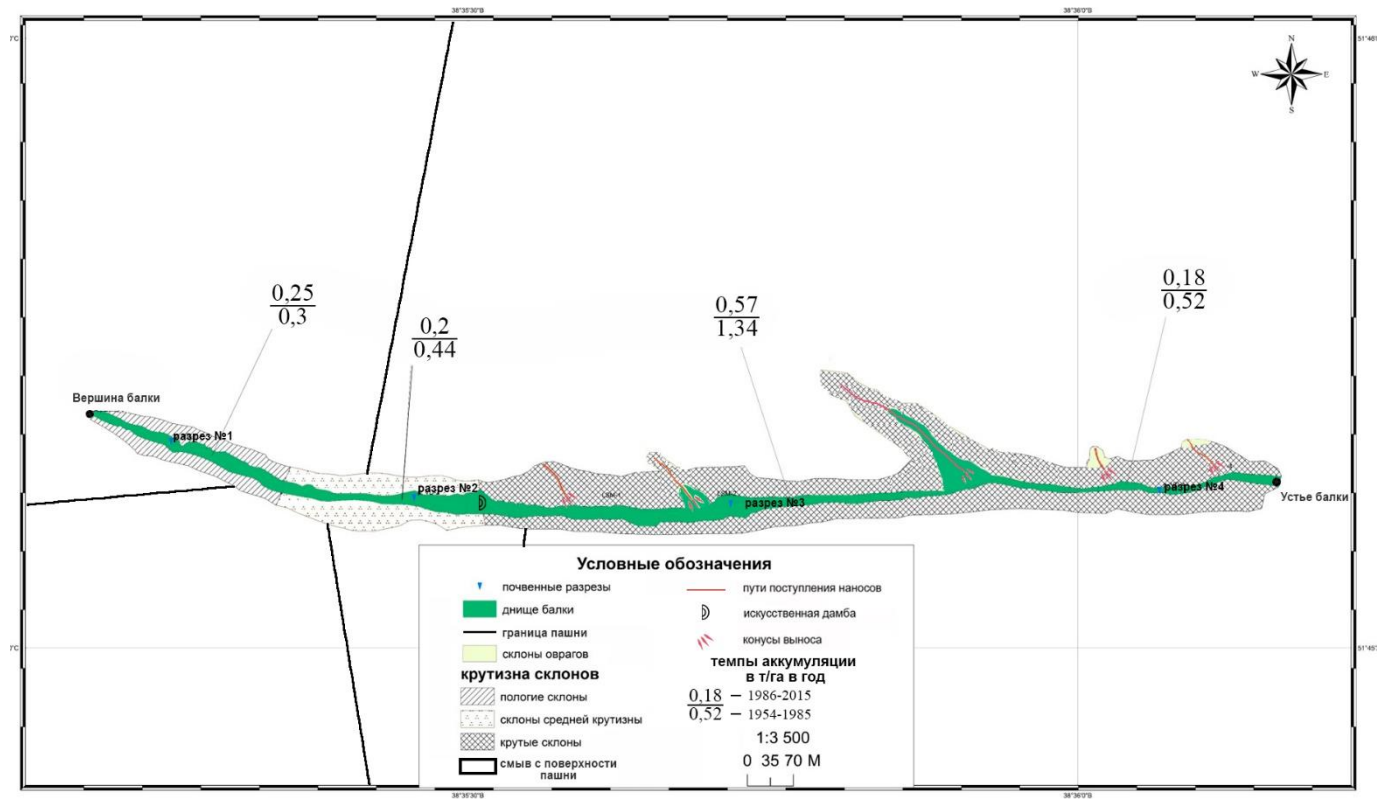


Рисунок 1. Геоморфологическая карта балки (Воронежская область)

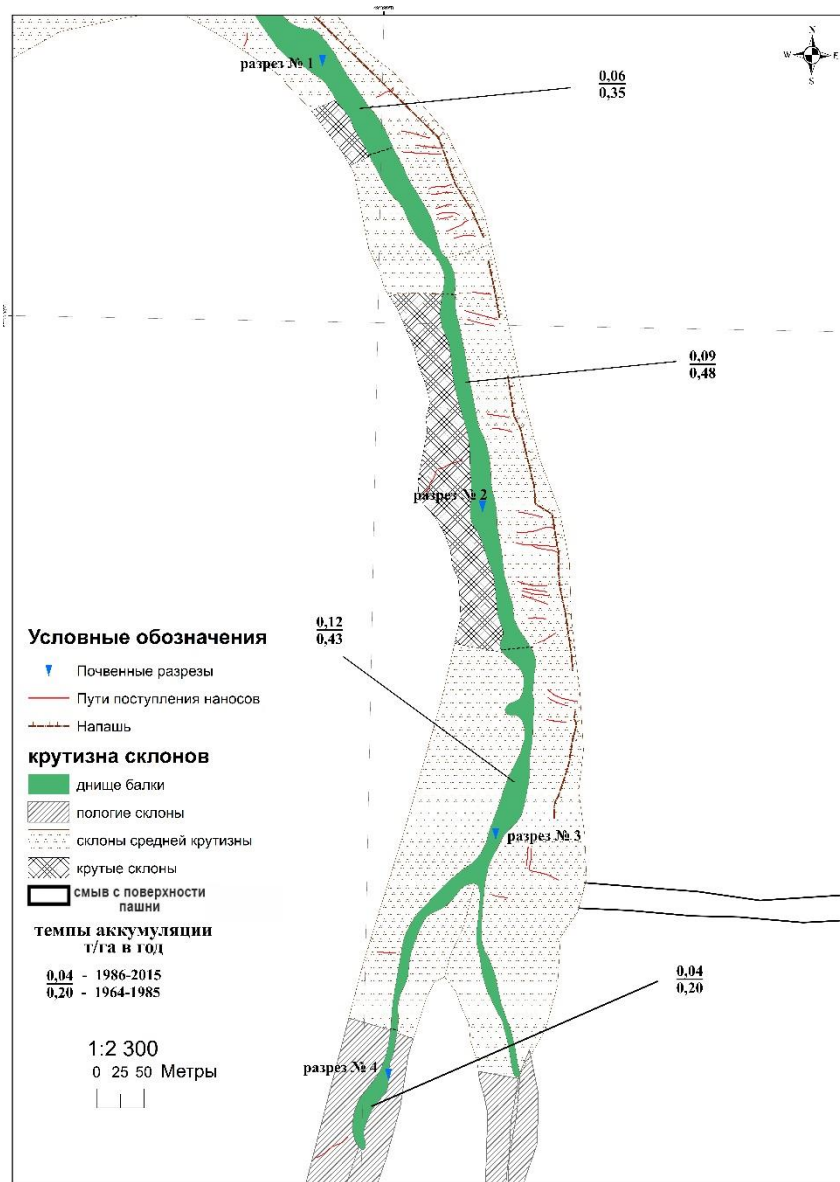


Рисунок 2. Геоморфологическая карта балки Темева речка (республика Татарстан)

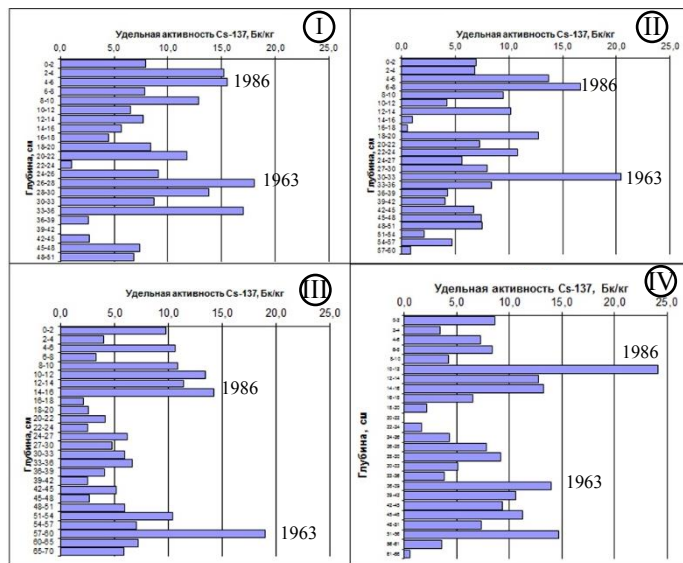
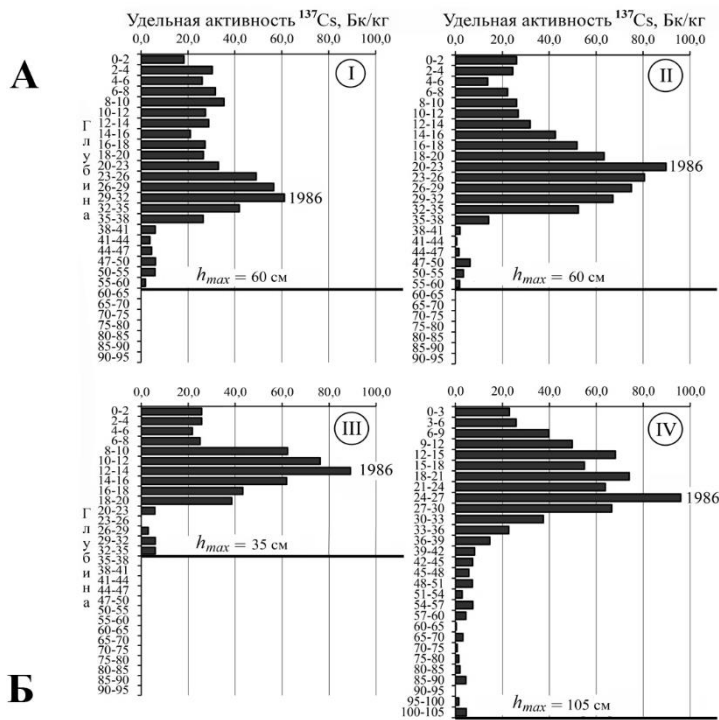


Рисунок 3. Эпоры распределения ^{137}Cs (А – Воронежская область, Б – Татарстан, h_{max} – максимальная глубина отбора проб)