

Научные сообщения

УДК 551.435.162(470.32)

© 2005 г. В.П. БОНДАРЕВ, В.Н. ГОЛОСОВ, П.В. КУЗНЕЦОВ

**ВЛИЯНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОВРАЖНО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ НА ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАНОСОВ
В ИХ ДНИЩАХ****Введение**

Одной из актуальных проблем флювиальной геоморфологии является количественная оценка поступления наносов со склонов в русла рек. В последние годы появляется все больше количественных данных о темпах смыва почвы со склонов, темпах прироста оврагов и аккумуляции наносов в днищах сухих долин. Однако их все еще недостаточно для достоверного расчета коэффициента доставки наносов в речные русла. Вероятно, для накопления данных потребуется значительное время. В то же время известно, что транспорт наносов в пределах овражно-балочных систем в значительной мере связан с их морфометрическими характеристиками. Выявление связи последних с имеющимися данными о темпах аккумуляции наносов в днищах позволит проводить оценки доли переотложившихся в днищах наносов исходя из результатов морфометрического анализа.

В днищах овражно-балочных систем совместно с наносами накапливаются пестициды, удобрения, а также другие загрязняющие вещества, попадающие на водосбор в результате природных и антропогенных аварий и катастроф. При этом изменения условий стока, связанные с изменениями климата, со сменой типа землепользования, и т.д. способны привести к вторичному врезанию водотоков в днища овражно-балочных систем. Это в свою очередь приведет к выносу перечисленных загрязнителей в речную сеть. Следовательно, оценка величины аккумуляции вещества в пределах овражно-балочных днищ имеет важное экологическое значение.

Установлено, что темпы аккумуляции наносов в днищах овражно-балочных систем лесостепной зоны изменяются в диапазоне 0.77–1.49 см/год [1], а для степной, лесостепной и лесной зоны Русской равнины они изменяются от 0.8 до 5.1 см/год [2]. Эти величины сопоставимы с темпами аккумуляции на поймах малых рек в различных частях Русской равнины [3–7]. Можно предположить, что наблюдаемый разброс значений связан с тем, что строение, а точнее структура, рассматриваемых систем влияет на темпы аккумуляции материала на различных участках овражно-балочных днищ. Ранее уже указывалось на то, что структура и особенности функционирования системы должны определять многие особенности трансформации вещества в ее пределах в бассейнах разных порядков [8–11]. Именно с целью выявления пространственной дифференциации процессов аккумуляции вдоль днища овражно-балочных систем и влияния на нее структуры овражно-балочных бассейнов были проведены описываемые исследования.

Общие методические подходы

Для выявления связи темпов аккумуляции в днищах овражно-балочных систем и их структуры использовались морфометрический анализ бассейнов и радиоизотопный метод. Дополнительная информация о характере аккумуляции была получена из почвенных описаний разрезов, заложенных в днищах малых долин. Метод датирования аккумулятивных отложений по накоплению изотопа ^{137}Cs широко используется в различных регионах мира [12–16]. Этот изотоп является компонентом глобальных радиоактивных выпадений, происходивших в период проведения испытаний ядерного оружия в атмосфере. Самостоятельно изотоп ^{137}Cs в природе не образуется. Поступая из атмосферы вместе с осадками он сорбируется почвой по типу обменно-ионного поглощения. В соответствии с частотой и мощностью проведения взрывов поступление ^{137}Cs в почву было неравномерным во времени. Начало выпадения изотопа относится к 1954 г. Зарегистрировано два пика: максимум поступлений ^{137}Cs приходится на 1962–63 гг., а меньший по величине пик датируется 1957–58 гг. После 1964 г. интенсивность выпадений ^{137}Cs быстро убывала и с 1971 г. стабилизировалась на одном очень низком уровне. На обширных территориях Европы дополнительное загрязнение произошло в 1986 г., после аварии на Чернобыльской АЭС, что позволяет выделить дополнительный временной рубеж.

Одним из недостатков, ограничивающих или усложняющих использование ^{137}Cs для оценки темпов эрозионно-аккумулятивных процессов и получения достоверной картины перераспределения продуктов эрозии необходимо иметь достаточно большое количество образцов для лабораторного анализа. Таким образом объективная картина перераспределения наносов может быть получена только при отборе статистически достоверного количества проб в пределах каждой морфологически однородной поверхности. Как правило, такие условия могут быть соблюдены для сравнительно небольшого водосбора или отдельного склона, участка днища долины или речной дельты. Поэтому следует особое внимание уделить выделению морфологически однородных поверхностей.

Морфометрический анализ бассейнов все чаще используется при геоморфологических исследованиях. Работами Р.Е. Хортон [17] и его последователей были выявлены многие закономерности строения речных бассейнов. Морфометрическое изучение речных бассейнов принято называть Хортон-анализом. В его основе лежит разделение бассейнов на классы в зависимости от порядка русла. Хортон-анализ имеет ряд модификаций. В предлагаемой статье используется подход, разработанный независимо друг от друга А. Стралером и В.П. Философовым.

В системе Стралера-Философова русло временного или постоянного водотока, не получающее притоков, относится к руслу I порядка. Два русла I порядка, сливаясь, дают начало водотокам II порядка. По этому же правилу ниже узла слияния любых однопорядковых водотоков порядок русла увеличивается на единицу. При слиянии разнопорядковых водотоков образованный ниже узла их слияния водоток сохраняет тот порядок, который был у водотока, имевшего более высокий порядок до слияния. После определения порядков потоков полученные значения применяются к склонам, прилегающим к соответствующему водотоку. Так, склоны, прилегающие к водотоку I порядка, рассматриваются как склоны бассейна I порядка, а прилегающие к водотоку II порядка – как склоны бассейна II порядка и т.д.

Русла разных порядков описываются с помощью различных морфометрических параметров, ими обычно являются: площадь водосбора, уклон продольного профиля и длина русла. Пропорционально изменению этих параметров происходит изменение величины стока воды и наносов, скорости течения воды и т.д. Следовательно, от структуры овражно-балочной системы будет зависеть перераспределение и темпы аккумуляции наносов в пределах днища этих систем.

Ю.Г. Симоновым и его группой было введено понятие “модальный бассейн” [8, 9, 18], имеющий вполне сформировавшуюся структуру, которая характеризуется сле-

дующими признаками: с ростом порядка увеличивается в два раза средняя длина водотоков, а средний уклон этих водотоков, а также общая площадь водосборов уменьшаются в два раза.

Объект и методы исследования

Для проведения исследования было выбрано два ключевых участка, расположенных в пределах бассейна р. Сейм около г. Рыльск (Курская обл.) и в бассейне р. Локна (Тульская обл.). На каждом из них были проанализированы по две овражно-балочные системы. Согласно геоморфологическому районированию СССР [19], оба региона принадлежат геоморфологической области Среднерусская возвышенность: располагаются во внеледниковой половине Русской равнины и характеризуется классическим долинно-балочным и овражным рельефом на моноклинально-пластовом основании из меловых и палеогеновых отложений. Неотектоническая основа рельефа, выделенная Г.И. Раскатовым [20] – Среднерусская антеклиза, сформировавшаяся на древней Воронежской антеклизе и поднятом южном крыле Московской синеклизы. На междуречьях сохранились реликты сильно размытых денудационно-аккумулятивных поверхностей неогенового возраста. Характерны асимметричные формы долин и междуречий, структурно-денудационные элементы рельефа, бронированные мезозойскими и палеогеновыми породами разной стойкости против агентов выветривания и денудации.

Оба района исследований относятся к зоне серых лесных почв, оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов лесостепи Центральной лесостепной и степной области серых лесных, черноземных и каштановых почв Суббореального пояса [21]. Непосредственно в днищах балок почвы представлены намытыми лугово-черноземными и луговыми почвами [22].

Во всех обследованных днищах водосборов были проведены дополнительные почвенные исследования. Почвы днищ этих овражно-балочных систем представлены намытыми лугово-черноземными и луговыми почвами. Механический состав верхней части почвенных профилей систем р. Сейма преимущественно легкосуглинистый, иногда опесчаненный, а в системах р. Локна – среднесуглинистый. Во всех изученных профилях имеется мелкая слоистость (мощность слоев 2–5 мм), что свидетельствует о регулярном переотложении свежих наносов и запаздывании почвообразовательных процессов.

На первом ключевом участке (р. Сейм, Курская обл.) изучались две овражно-балочные системы: “Лавочная” и “Малая Дублянка”, расположенные по соседству друг с другом. Это дает возможность предположить, что на их формирование и функционирование оказывают влияние приблизительно одинаковые условия и факторы. Системы практически равны по площади (около 3.2 км² каждая) и врезаются в толщу лёссовидных суглинков. Лишь в самых низовьях “Лавочной” в обнажениях нижних частей склонов обнаружены выходы мело-мергельных пород. Большая часть водосбора системы “Лавочная” залесена, в то время как водосбор “Малой Дублянки” преимущественно распахан. На прибрежных участках “Малой Дублянки” проведена лесомелиорация, которая должна способствовать снижению эрозионной активности в пределах этой системы.

Морфологически эти овражно-балочные системы различаются. “Лавочная” является бассейном IV порядка и выглядит более зрелой формой: плавные очертания склонов, небольшое количество современных эрозионных форм и т. д. “Малая Дублянка” – бассейн III порядка с хорошо выраженными тыловыми швами и бровками. На склонах основной формы широко представлены современные эрозионные врезы.

На втором ключевом участке (р. Локна, Тульская обл.) изучались также две овражно-балочные системы: “Часовенков Верх” и “Лапки”. Они аналогично первому ключевому участку, расположены по соседству друг с другом. Это также позволяет предположить, что на их формирование и функционирование оказывают влияние

одинаковые условия и факторы. Овражно-балочные формы врезаются в толщу лёссовидных суглинков, но в нижних третях склонов каждой из них обнаружены выходы мелко-мергельных отложений. В настоящее время большая часть водосборов систем “Часовенков Верх” и “Лапки” преимущественно распаханна. На отдельных приоровочных участках водосборов проведена лесомелиорация, что, вероятно, способствует снижению поступления наносов со склонов в днище.

Морфологически эти две овражно-балочные системы не сильно отличаются друг от друга. Обе они выглядят вполне сформировавшимися: плавные очертания склонов, небольшое количество современных эрозионных форм. Площади их различны: “Часовенков Верх” – около 33.9 км²; “Лапки” – около 1.73 км². При этом “Часовенков Верх” – это бассейн V порядка, а “Лапки” – III.

Исследование проводилось в несколько этапов. На всех ключевых участках была выполнена морфометрическая обработка топографических карт м-ба 1: 25 000. Анализ водотоков начинался с учета самых малых бесприточных линий концентрированного стока, что позволило выделить практически все участки концентрации стока. Для каждой овражно-балочной системы были получены основные морфометрические параметры, характеризующие ее структуру.

На основании различий в структуре овражно-балочных систем, полученных при морфометрической обработке топокарт, в полевых условиях были выбраны для оценки типов аккумуляции в днище участки, на которых были заложены шурфы. Место заложения выбиралось после обследования поперечного профиля долины. Расположение разрезов фиксировалось при топографической съемке. Шурфы тщательно документировались. Для каждого разреза были сделаны детальные литологические и почвенные описания. Были произведены замеры ширины днища в точках заложения профилей.

После этого из каждого шурфа проводился послыйный отбор проб для определения содержания изотопа ¹³⁷Cs. Образцы отбирались каждые 2.5 см в верхней части разреза и через 5 см по остальной толще. По продольному профилю также делалось один-два контрольных отбора для определения общего запаса ¹³⁷Cs и подтверждения того, что место основного опробуемого разреза будет достаточно репрезентативно отображать аккумуляцию в пределах изучаемого поперечного профиля.

В камеральный период пробы высушивались. Для каждой из них с помощью гамма-спектрометра определялось содержание изотопа ¹³⁷Cs на единицу массы сухой почвы. Далее, исходя из эпюр распределения ¹³⁷Cs в толще, оценивался слой наносов за последние 36 (Тульская обл.) и 46 (Курская обл.) лет. По повышенному относительно фоновому содержанию ¹³⁷Cs удалось вычленить отложения, относящиеся к периоду времени, прошедшему после аварии на Чернобыльской АЭС (11 и 15 лет). Для сопоставимости данных был рассчитан средний ежегодный слой аккумуляции для каждой точки (всего было опробовано 35 точек).

Результаты

Результаты морфометрического анализа и изучения темпов аккумуляции по распределению изотопа ¹³⁷Cs в пределах всех изучаемых овражно-балочных систем представлены в таблице.

При морфометрическом анализе для каждой овражно-балочной системы были получены: количество водотоков разных порядков; средние длины линий концентрации стока; площади склонов, прилегающих к водотокам разного порядка; средние уклоны русел каждого порядка.

Структура овражно-балочной системы “Часовенков Верх” характеризуется стремлением к структуре “модального бассейна”. Единственное отклонение присутствует в уклонах водосборов I порядка, которые несколько ниже нормы. Однако на общую структуру уклонов системы это влияет слабо. Водосбор “Лавочная” характеризуется отличной от “модального” структурой. Количество водотоков I и II поряд-

Характеристики изученных овражно-балочных систем

Название овражно-балочной системы	Порядок водосбора	Кол-во бассейнов	Площадь бассейнов, км ²	Длина бассейнов, м	Уклон бассейнов	Ширина днища, м	Слой аккумуляции, см/год	Объем аккумуляции, м ³ /год
Часовенков Верх	I	151	18.0	517	0.035	—	—	—
	II	40	7.0	557	0.034	23	0.72	3690
	III	10	4.6	1250	0.022	33	1.61	6641
	IV	2	2.0	2175	0.010	32	2.38	3313
	V	1	2.3	4625	0.004	26	2.28	2742
Лавочная	I	46	2.2	320	0.117	—	—	—
	II	10	0.5	288	0.038	19	0.49	271
	III	2	0.2	508	0.018	22	0.09	20
	IV	1	0.3	1305	0.009	24	0.09	28
Малая Дублянка	I	32	1.9	418	0.066	9	0.18	222
	II	5	0.9	680	0.036	10	0.42	143
	III	1	0.4	1588	0.014	20	0.44	140
Лапки	I	9	1.0	563	0.035	19	1	963
	II	4	0.5	356	0.033	21	0.73	218
	III	1	0.2	700	0.02	21	0.28	41

ков здесь выше нормы. Более того, характерно не только повышенное число линий концентрации стока, но и высокие значения площадей водосборов первого порядка (около 70% общей площади), существенно повышены уклоны водосборов I порядка (более чем в 4.5 раза). На водосборе “Малая Дублянка” отклонения заметны в коэффициенте бифуркации первых порядков. Структура площадей и длин приближается к структуре “модального бассейна”. При наличии более или менее сформированной структуры площадей и длин, в этой системе не до конца сформирована структура уклонов. Овражно-балочный водосбор “Лапки” характеризуется самой большой аномальностью. К норме близки только показатели площадей. В остальных случаях отклонения достаточно заметны. Основные аномалии: малое количество водосборов I порядка; укороченные водосборы I порядка; малый уклон водосбора I порядка по сравнению с уклоном II порядка.

Данные радиоизотопного анализа позволили получить эпюры распределения ¹³⁷Cs по аккумулятивной толще днищ всех четырех овражно-балочных систем. По этим эпюрам были рассчитаны ежегодные слои аккумуляции и выведены средние значения по порядкам водотоков для каждой овражно-балочной системы.

В днище овражно-балочной системы “Часовенков Верх” было сделано наибольшее число замеров (23 разреза), охвативших с II по V порядок водосборов. В каждом разрезе оценивалась общая мощность слоя аккумуляции, отложившейся за 36 лет с начала проведения ядерных испытаний. Как следует из полученных данных, с увеличением порядка водосбора увеличивается и средний ежегодный слой аккумуляции на днище. Так, если во II порядке это 0.02 см/год, то уже в V – 0.16 см/год.

В системе “Лапки” было сделано шесть замеров, по два замера на каждый порядок. Здесь удалось выявить толщу, сформировавшуюся в течение 11 лет после чернобыльской катастрофы. Результаты показали, что среднееежегодный слой аккумуляции падает с ростом порядка водосбора. Так, если в I порядке он составил 1.00 см/год, то в III – это уже 0.28 см/год.

В овражно-балочных системах “Лавочная” и “Малая Дублянка” было опробовано по три разреза в днищах II–IV и I–III порядков (соответственно). Однако здесь удалось определить толщу аккумуляции как за период в 46 лет после начала ядерных испытаний, так и толщу после чернобыльской катастрофы (15 лет). Средние величины в системе “Лавочная” дают очень малые значения средней ежегодной аккумуля-

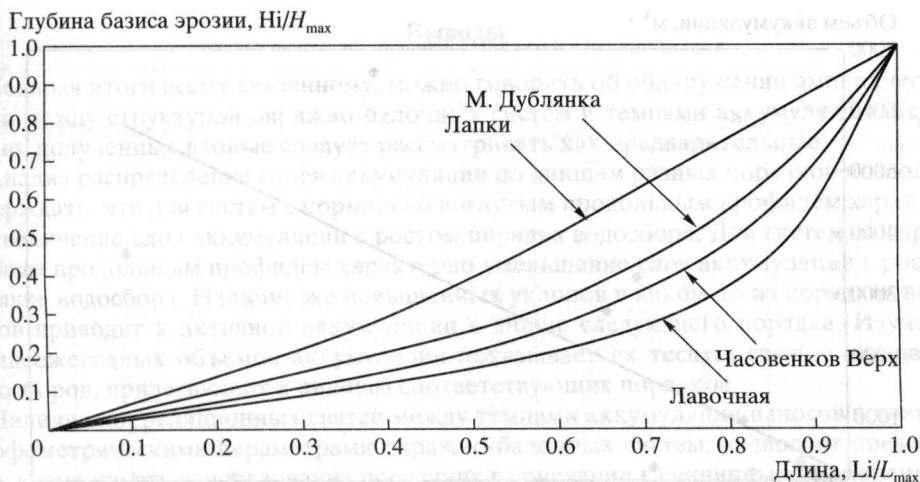


Рис. 1. Продольные профили овражно-балочных систем L_i и H_i текущие значения длины тальвега и глубины базиса эрозии, $L_{\max}$ и $H_{\max}$ максимальные значения длины тальвега и глубины базиса эрозии (соответственно)

ляции как для III, так и для IV порядков (0.09 см/год), в то же время, в днище II порядка слой аккумуляции очень высок (0.49 см/год). В системе “Малая Дублянка” наблюдается увеличение среднего ежегодного слоя аккумуляции с ростом порядка водосбора: I порядок – 0.18 см/год, III – 0.44 см/год.

Обсуждение результатов

Результаты исследований позволяют провести сравнительный анализ и сделать некоторые выводы о влиянии структуры овражно-балочных систем на процессы аккумуляции в их днищах.

Обращает на себя внимание обстоятельство, что в некоторых овражно-балочных системах слой аккумуляции возрастает с ростом порядка водосбора, в других – этот слой уменьшается. Так, в системах “Часовенков Верх” и “Малая Дублянка” наблюдается увеличение слоя аккумуляции с ростом порядка водосбора. В то же время, “Лапки” характеризуются уменьшением слоя аккумуляции с ростом порядка водосбора. Особый случай представляет система “Лавочная”. Для участков днища III и IV порядков характерны крайне низкие темпы аккумуляции, а на участке днища II порядка среднегодовой слой аккумуляции высокий.

Чтобы понять сложившуюся ситуацию, проанализируем структуру уклонов в этих овражно-балочных системах. На рис. 1 хорошо видно, что продольные профили этих систем различны. Для классификации этих профилей можно использовать результаты исследований, проведенных ранее одним из авторов статьи, которые показали, что, по данным массовых морфометрических измерений, при всем разнообразии продольных профилей, они могут быть разделены на спрямленные, с нормальным вогнутым профилем и переуглубленные [23]. В нашем случае, продольный профиль овражно-балочной системы “Лапки” можно отнести к спрямленным, “Лавочной” – к переуглубленным (аномалия наблюдается в I порядке водосборов), а “Часовенкова Верха” и “Малой Дублянки” – к нормальным вогнутым профилям.

Сопоставление изменения слоев аккумуляции с характером продольного профиля дает четкую картину. Спрямленный профиль овражно-балочной системы “Лапки” способствует активному выносу материала из системы, вследствие чего и наблюдается уменьшение слоя аккумуляции с ростом порядка водосбора. Наличие вогнутого

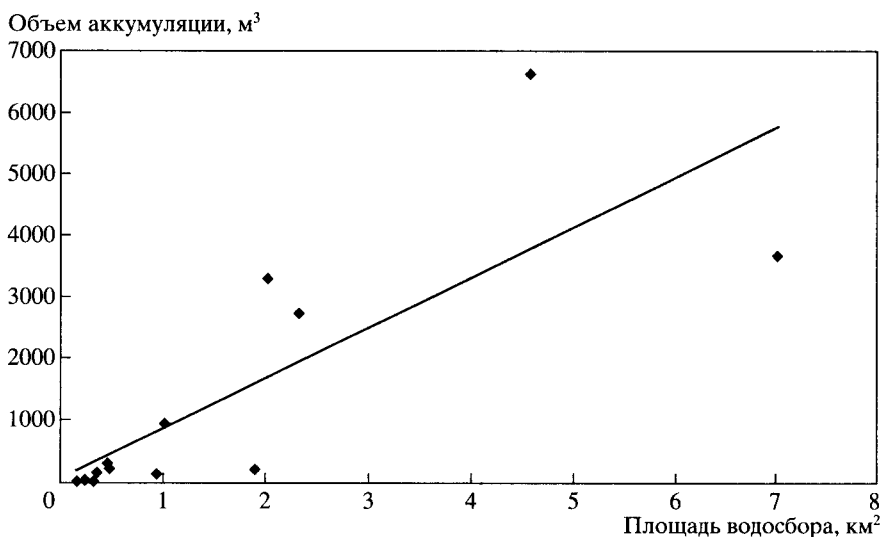


Рис. 2. Зависимость объема аккумуляции в днищах овражно-балочных систем от площади водосбора, примыкающего к данному днищу

продольного профиля с аномально большими уклонами в I порядке у системы “Лавочная” определяет сброс материала с водосборов I порядка во II, а далее сравнительно нейтральной работой продольного профиля, способствующей выносу материала из этой системы. Наличие нормального вогнутого продольного профиля у систем “Часовенков Верх” и “Малая Дублянка” определяет увеличение слоя аккумуляции с ростом порядка водосбора.

Среднегодовой слой аккумуляции не дает полной картины перераспределения наносов в пределах днищ овражно-балочных систем. Поэтому проанализируем изменение среднеежегодных объемов аккумуляции в днищах на участках днищ рассматриваемых систем. Подсчет объемов проводился для каждого порядка отдельно путем перемножения средней длины, ширины и слоя аккумуляции. Для того, чтобы оценить не средний, а общий объем аккумуляции для каждого порядка, полученная величина умножалась на количество водосборов соответствующего порядка. Результаты подсчетов приведены в последнем столбце таблицы. Как можно убедиться объем аккумуляции уменьшается с ростом порядка водосбора. Абсолютные величины зависят во многом от структуры уклонов и площади водосборов. Роль уклонов уже рассматривалась выше, а зависимость темпов аккумуляции от площади проанализируем ниже.

Для выявления связи объемов аккумуляции с площадью водосборов был построен график их зависимости (рис. 2). Обращает на себя внимание факт, что при всем многообразии условий и факторов, которые могут повлиять на объемы ежегодной аккумуляции, прослеживается линейная зависимость площади, прилегающей к днищу водосбора соответственного порядка, и объема аккумуляции в этом днище, которая выглядит следующим образом:

$$V = 817S + 48,$$

где V – среднегодовой объем аккумуляции в днище некоторого порядка, m^3 ; S – площадь водосбора этого порядка, km^2 . При этом достоверность аппроксимации (R^2) составляет 0.6409. Величина аппроксимации, вероятно, была бы существенно выше, если можно было бы подобрать водосборы с одинаковой структурой уклонов. Однако уже полученные закономерности свидетельствуют о том, что связь существует.

Выводы

Подводя итоги всему сказанному, можно говорить об обнаружении эмпирической связи между структурой овражно-балочных систем и темпами аккумуляции. Безусловно, полученные данные следует рассматривать как предварительные.

Анализ распределения слоев аккумуляции по днищам разных порядков позволяет утверждать, что для систем с нормально вогнутым продольным профилем характерно увеличение слоя аккумуляции с ростом порядка водосбора. Для систем со спрямленным продольным профилем характерно уменьшение слоя аккумуляции с ростом порядка водосбора. Наличие же повышенных уклонов в каком-то из порядков водотоков приводит к активной аккумуляции в днище следующего порядка. Изучение среднеежегодных объемов аккумуляции показывает их тесную связь с площадью водосборов, прилегающих к днищам соответствующих порядков.

Наличие корреляционных связей между темпами аккумуляции наносов в днище и морфометрическими параметрами овражно-балочных систем, позволяет предполагать возможность использования последних в сочетании с единичными измерениями слоев аккумуляции в характерных точках днищ водосборов для оценки суммарных отложений наносов за “цезиевый” период. Дальнейшие исследования в данном направлении, возможно, позволят подтвердить наличие тесной связи между отдельными морфометрическими параметрами овражно-балочных водосборов и объемами или среднегодовыми темпами отложения наносов в их днищах.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность В.Р. Беляеву за консультации по поводу расчета и построения эпюр распределения ^{137}Cs , а также Р.С. Голикову за его помощь в отборе образцов на овражно-балочных системах р. Сейм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайворон Т.Д. Стадии развития овражно-балочных форм Среднерусской возвышенности (на примере бассейна р. Сейм): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1983. 24 с.
2. Голосов В.Н. Аккумуляция в балках Русской равнины // Эрозия и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1998. Вып. 11. С. 97–112.
3. Евцихневич В.Н. Отложения продуктов эрозии в долинах и руслах рек, в водоемах, на пойменных лугах // Почвенные исследования и применение удобрений. Минск: Ураджай, 1976. Вып. 7. С. 35–37.
4. Шпак И. С. Заиление речных долин и обмеление малых рек // Мелиорация земель Полесья и охрана окружающей среды. Киев: Вища шк., 1978. С. 64–67.
5. Гласко М.П., Фоломеев Б.А. Методика определения скоростей накопления пойменного аллювия равнинных рек по археолого-геоморфологическим данным (на примере Средней Оки) // Геоморфология. 1981. № 3. С. 26–36.
6. Курбанова С.Г., Петренко Л.В. Антропогенно-обусловленное усиление аккумуляции аллювия малых рек востока Русской Равнины // Экзогенные процессы и окружающая среда. М.: Наука, 1990. С. 34–36.
7. Перевоищikov А.А. Современный пойменный аллювий и овражно-балочная расчлененность в долинах малых рек Удмуртии // IX межвуз. координац. совещ. по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Брянск: 1994. С. 114–115.
8. Симонов Ю.Г. Системный анализ в геоморфологии: основные проблемы и некоторые результаты // Системный подход в геоморфологии. М.: Изд. МФ ГО СССР, 1988. С. 3–12.
9. Симонов Ю.Г. Морфометрический анализ рельефа. М.-Смоленск: Смол. кн. изд-во, 1998. 272 с.
10. Бондарев В.П. Влияние морфометрии лощин и балок на баланс вещества // Экологические аспекты теоретической и прикладной геоморфологии (м-лы межд. конф. “III Шукинские чтения”). М.: Изд-во МГУ, 1995. С. 269–271.
11. Бондарев В.П. Проблемы изучения овражно-балочных морфолитосистем // Вестн. МГУ. Сер. 5. География. 1997. № 4. С. 15–19.
12. Campbell B.L., Loughran R., Elliott G.L. Caesium-137 as an indicator of geomorphic processes in a drainage basin system // Austr. Geograph. Stud. 1982. V. 20. P. 49–64.

13. Walling D.E., Quine T.A. The use of caesium-137 measurements in soil erosion surveys // Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins. Proc. Oslo Sympos., August, 1992. IAHS Publ. № 210. P. 143–152.
14. Walling D.E., Woodward E.F. Use of radiometric fingerprints to derive information on suspended sediment sources // Erosion and Sediment Transport Monitoring Programmes in River Basins. Proc. Oslo Sympos., August, 1992. IAHS Publ. № 210. P. 153–164.
15. Голосов В.Н., Острова И.В., Силантьев А.Н., Шкуратова И.Г. Радиоизотопный метод оценки современных темпов внутрибассейновой аккумуляции // Геоморфология. 1992. № 1. С. 30–35.
16. Голосов В.Н. Использование радиоизотопов при исследовании эрозионно-аккумулятивных процессов // Геоморфология. 2000. № 2. С. 26–33.
17. Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Изд-во иностр. лит., 1948. 156 с.
18. Динамическая геоморфология / Г.С.Ананьев, Ю.Г.Симонов, А.И. Спиридонов. М.: Изд-во МГУ, 1992. 448 с.
19. Геоморфологическое районирование СССР и прилегающих морей / С.С. Воскресенский, О.К. Леонтьев, А.И. Спиридонов и др. М.: Высш. шк., 1980. 343 с.
20. Раскатов Г.И. Геоморфология и неотектоника территории Воронежской антеклизы. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1969. 164 с.
21. Добровольский Г.В., Урусовская И.С. География почв. М.: Изд-во МГУ, 1984, 415 с.
22. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977, 223 с.
23. Бондарев В.П. Морфометрический анализ овражно-балочных систем Центрального Черноземья для целей их классификации // Геоморфология. 1996. № 4. С. 53–58.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
08.06.2004

INFLUENCE OF SMALL BASINS' MORPHOMETRY ON BOTTOM SEDIMENT REDISTRIBUTION

V.P. BONDAREV, V.N. GOLOSOV, P.V. KUZNETSOV

S u m m a r y

Relationship of deposition rate on small basin bottoms with the bottom structure was studied. Morphometric analysis and radioisotope method (^{137}Cs) were used. Researches were carried out at Central Russian Upland. Empirical interrelations between the structure of small basins and the deposition rates were revealed. Basins with curved longitudinal profiles have an accumulative layer increasing with basin order. Basins with straightened profile are characterized by decreasing thickness of accumulation layer as order of basin is growing. Linear correlation between accumulation volumes and areas has been established:

$$V = 817S + 48,$$

where V – mid-annual volume of deposition on a basin bottom of any order, m^3 ; S – basin area of this order, km^2 .

The correlation between sediment accumulation rate and morphometric parameters of small basins may be used for estimation of total accumulation on the bottom for the “cesium” period.