

11. Забиров Р. Д., Кортаев В. Н., Никифоров Л. Г. Некоторые вопросы четвертичной истории Иссык-Куля // Геоморфология. 1973. № 4. С. 63—68.
12. Трофимов А. К., Григина О. М. К палеогеографии озера Иссык-Куль // Прибрежная зона озера Иссык-Куль. Фрунзе: Илим, 1979. С. 94—102.
13. Алешинская З. В., Бондарев Л. Г. Новое о колебаниях уровня оз. Иссык-Куль в историческое время // Изв. ВГО. 1969. Т. 101. № 2. С. 104—108.

Институт географии РАН

Поступила в редакцию
05.06.92

STRUCTURAL BADLAND — CONDITIONS OF DEVELOPMENT

G. N. PSHENIN, R. E. PERESLEGINA

Summary

The authors consider badland to be a result of an exotectonic process and a manifestation of tension stresses of rocks and soils in the morphostructure. In their opinion the badland is rather closed than open morphosystem with respect to climatic, and exogenic in general, factors. It does not relate directly neither to endogenic nor to exogenic factors.

УДК 551.4.042

© 1993 В. М. ФИРСЕНКОВА

ДИНАМИКА СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СНОСА И АККУМУЛЯЦИИ НА КУРСКОМ ОПЫТНОМ ПОЛИГОНЕ

Курский опытный полигон Института географии РАН находится в левобережной части бассейна р. Сейм, протекающей по юго-западным склонам Среднерусской возвышенности.

В комплекс исследований строения и функционирования основных геосистем Центральной лесостепи, проводимых на полигоне, входило изучение современных экзогенных процессов рельефообразования, развивающихся в условиях мощного антропогенного пресса вследствие многовекового хозяйственного освоения региона и прежде всего сведения естественной степной и лесной растительности и распахки земель. Начало сельскохозяйственного освоения территории Центральной лесостепи датируется эпохой бронзы. Как пишут С. А. Сычева и др., «... происходила антропогенная трансформация не только локальных мест поселений, ... но практически всех типов геосистем — от поймы до водораздела» [1, с. 215]. К настоящему времени более или менее не тронутые естественные геосистемы сохранились только в заповеднике. Распаханные поверхности и склоны становятся ареной интенсивного развития сноса, который в условиях Центральной лесостепи осуществляется преимущественно эрозионными процессами в форме плоскостного смыва и линейного размыва.

С 1962 по 1988 г. на стационарных объектах полигона изучалось влияние естественных и антропогенных факторов на интенсивность поверхностного стока и смыва, его пространственно-временная изменчивость и др. Наблюдения проводились на серии стоковых площадок и малых логов или элементарных экспериментальных бассейнов [2—5]. За достаточно длительный период наблюдений был накоплен обширный фактический материал, который позволил выявить особенности формирования стока и смыва в условиях Центральной лесостепи, в том числе в зависимости от агротехнических приемов обработки почвенного покрова. Считается, что в данном регионе зябь обладает лучшими водорегулирующими

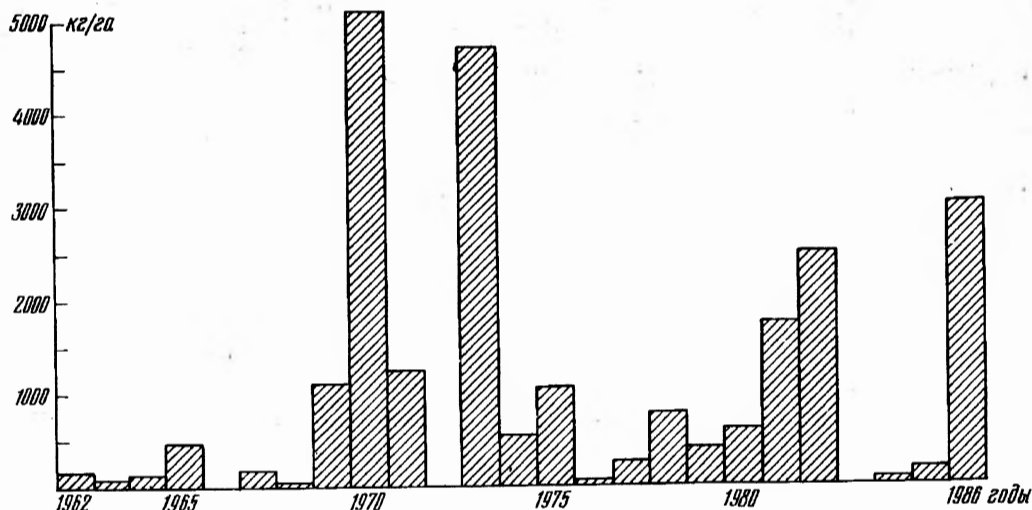


Рис. 1. Многолетняя динамика смыва почв

свойствами по сравнению с озимью, хотя в многоснежные годы смыв с зяби может превышать смыв с озими [4, 6, 7]. В бассейне Сейма почти 60% посевных площадей занимает зяблевая распашка и около 20% — озимые посевы.

Эрозия — процесс естественный — развивалась еще до начала сельскохозяйственного освоения региона. В результате длительного развития здесь сформировались эрозионно-денудационные равнины с пологоволнистым, пологоувалистым и пологохолмистым рельефом [8], называемым водно-эрозионным долинно-балочным типом рельефа [9]. Современный эрозионный рельеф Центральной лесостепи обладает значительным энергетическим потенциалом для развития эрозионных процессов. Густота эрозионного расчленения в бассейне Сейма достигает 1,8—2,0 км/км² при средних значениях 0,7 км/км². Относительная глубина врезов — 40—60 м, местами до 100 м.

Неустойчивость климатических условий, значительные колебания в режиме тепла и влаги обуславливают высокую изменчивость интенсивности эрозионных процессов. 70% годового количества осадков, часто выпадающих в виде ливней, приходится на теплый сезон. Однако ливневые осадки летнего периода не играют существенной роли в развитии эрозионных процессов в силу интенсивного испарения и высокой инфильтрационной способности почв. Осадки зимнего периода составляют менее значительную часть в годовом балансе. Запасы воды в снеге колеблются от 5 до 140 мм, толщина снежного покрова в среднем 25—20 см, в многоснежные годы может достигать 50—60 см. В течение зимы неоднократно бывают оттепели, в результате чего образуется ледяная корка. Весной температура воздуха может достигать +15°. Происходит быстрое таяние снега, сопровождаемое часто обильными дождями. В отдельные годы количество атмосферных осадков в период таяния может превышать снегозапасы. В результате весной эрозия достигает максимальной интенсивности.

1. Поверхностный смыв. Основные гидрометеорологические параметры, под влиянием которых формируются сток и смыв (глубина промерзания, влажность почвы, наличие ледяной корки, атмосферные осадки, температура воздуха, запасы воды в снеге), отличаются высокой изменчивостью. Коэффициент вариации составляет 50—90%, за исключением глубины промерзания — 11%. Ни один из этих факторов нельзя назвать ведущим. В конкретной гидрометеорологической обстановке весны и предшествующего периода каждый из них может играть определяющую роль.

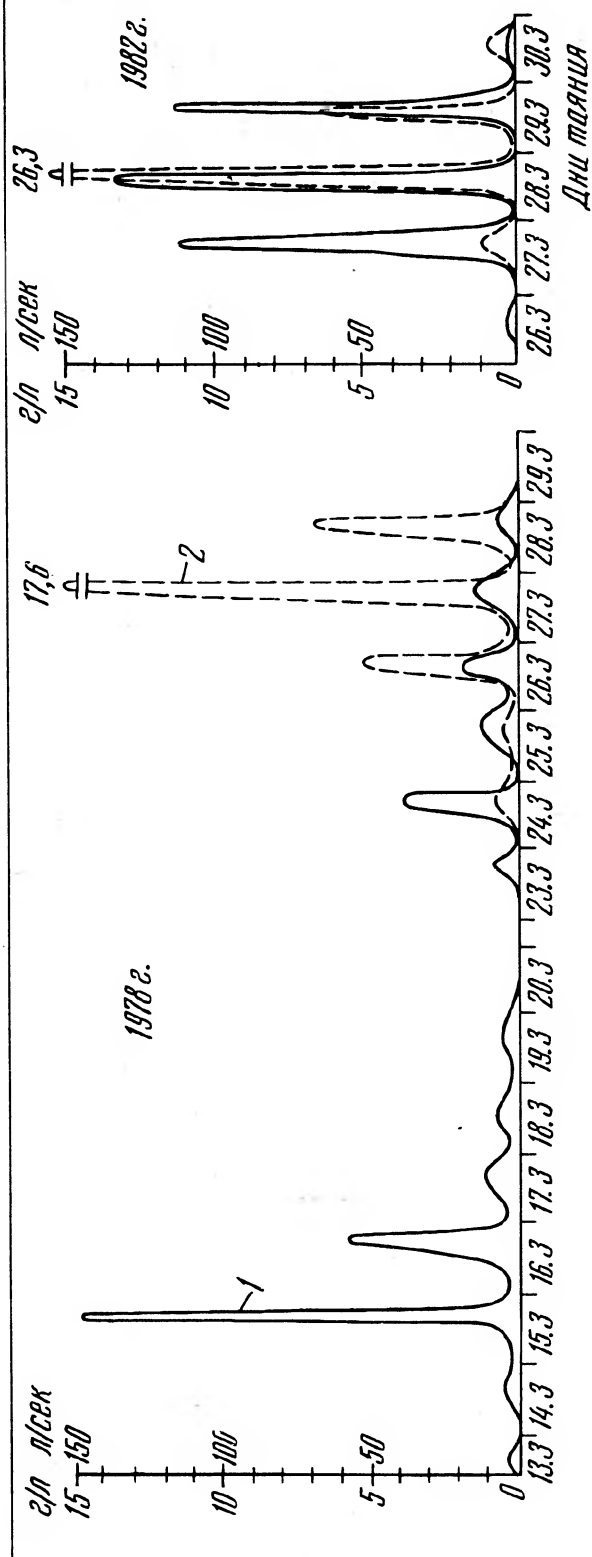


Рис. 2. Суточная и сезонная динамика расходов воды и мутности талых снеговых вод в период таяния на элементарном водосборе
1 — расход воды ($\text{м}^3/\text{с}$), 2 — мутность ($\text{г}/\text{л}$)

Абсолютные значения смыва зависят в большей мере от естественных факторов, чем от агрофона. Например, в 1973 г. при суммарных запасах воды 52 мм смыв с зяби достигал 4600 кг/га, в 1976 г. при запасах 166 мм на озими — всего 5,7 кг/га, в 1987 и 1988 гг. смыв полностью отсутствовал.

Отвлекаясь от сравнения относительной скорости смыва при различном агрофоне, рассмотрим наиболее общие для элементарных водосборных бассейнов закономерности временной динамики эрозионного процесса, развивающегося под влиянием комплекса факторов, и естественных и антропогенных. Пространственная неравномерность стока и смыва рассмотрена в ранее опубликованных работах [5, 10].

В ходе развития эрозии-аккумуляции прослеживается суточная динамика, сезонная, годовая и межгодовая. В межгодовой динамике интенсивность смыва меняется от максимальных для данных водосборов значений до практически полного его отсутствия (рис. 1). Наибольшей повторяемостью обладают процессы с минимальной интенсивностью (до 500 кг/га) — около 70%; 20% приходится на процессы средней интенсивности (до 2500 кг/га), менее 10% — на процессы, протекающие с высокой интенсивностью (5000 кг/га). Дискретность поверхностного смыва прослеживается и в годовом цикле. Весной он достигает максимальных значений, в летне-осенний период развивается незначительно и отсутствует зимой.

В течение весеннего сезона выделяется еще более короткий срок развития процессов. В Центральной лесостепи весна длится в среднем 57 дней. Сход снежного покрова осуществляется в течение 4—16 дней, смыв — 3—15 дней. На рис. 2 показаны суточная и сезонная динамика жидкого стока и мутности талых снеговых вод. В качестве примеров взяты 1978 г. с растянутым половодьем, проходившем в две волны, и 1982 г., когда таяние проходило интенсивно (всего за 5 дней). И в том, и в другом случаях наблюдались дни, чаще всего после прохождения максимума жидкого стока, когда мутность была наибольшая, и в эти день-два проходило 70—86% от общего объема смыва. В течение суток интервал времени с максимальной интенсивностью сокращается до нескольких часов, за которые проходит 50—70% суточного объема смыва.

Получаемые на замыкающих створах водосборов величины смыва характеризуют размеры выноса за их пределы верхнего слоя почвогрунтов. Это интегральная величина, являющаяся результатом сложного механизма перемещения материала от водоразделов к устью. В то же время, имея данные только на выходе, мы не можем оценить баланс масс на водосборе и тем более механизм его формирования. Расчеты скорости эрозии обычно ведутся путем деления объемов выноса материала на замыкающем створе на площадь всего водосбора, т. е. предполагается равномерность смыва по всему водосбору. Выполненные нами методом картографирования струйчатых размывов измерения по отдельным учетным площадкам, размещенным на разных элементарных морфологических единицах (ЭМЕ), объемов твердого вещества, вовлеченных в эрозионный процесс, показали, во-первых, что часть материала на какое-то время остается на водосборе, и, во-вторых, что на разных ЭМЕ процессы смыва, переноса и аккумуляции наносов идут с разной интенсивностью и не одновременно [10].

Использование представлений об элементарных морфологических единицах позволило выявить и объяснить закономерности пространственно-временной изменчивости процессов внутри водосборов. Остановимся лишь на наиболее общих выводах, полученных в итоге этих исследований.

Между пространственной дифференциацией водосборов и неравномерностью развития эрозионно-аккумулятивных процессов существуют тесная взаимосвязь и взаимообусловленность: неравномерность развития процессов определяет структуру поверхности и одновременно сложнодифференцированная поверхность оказывает влияние на тип и интенсивность эрозии. На микроводоразделах преобладает плоскостной смыв. Здесь наблюдается периодическая смена участков

эрозии и аккумуляции, а вынос осуществляется с нижних участков склонов, составляющих около $1/_{10}$ их длины. В верхней неглубоко врезанной части склоновых микроложбин также преобладает плоскостной смыв. В средней части их на его действие накладывается эрозийная работа руслового потока, и в приустьевой части русловая эрозия преобладает. Вынос осуществляется с самых нижних частей ложбин, составляющих около $1/_{3}$ их длины. В первые дни таяния повсеместно развит плоскостной смыв, затем добавляется действие русловой эрозии в микроложбинах и в основном тальвеге; в конце периода весеннего стока преобладает русловая эрозия в микроложбинах, а на микроводоразделах сток и смыв прекращаются. В первые дни таяния максимум смыва наблюдается в верхних приводораздельных частях водосбора. Постепенно зоны наиболее активной эрозии смещаются к притальвеговой части водосборных ложбин, поэтому о зонах отсутствия эрозии можно говорить лишь во временном аспекте. Увеличение интенсивности процесса происходит только в микроложбинах. По приблизительным подсчетам, длительность процесса перемещения материала от водораздела к дну по микроводоразделам составляет 10 лет, а по микроложбинам — около 3 лет. Возможно, что различная длительность эрозийных процессов является одним из факторов, способствующих сохранению форм эрозийного рельефа и составляющих их элементов.

Средняя скорость снижения поверхности элементарных водосборов за период наших наблюдений составила 0,1—0,2 мм/год. Расчеты А. С. Козменко [11], выполненные по данным наблюдений на Новосильской опытно-овражной станции в Орловской области, показали, что скорость эрозии за период 1928—1940 гг. была также 0,1—0,2 мм/год. Следовательно, за последние почти 60 лет скорость поверхностного смыва в ЦЧО не увеличилась. Стабилизация процесса можно объяснить результатом проведения агротехнических мероприятий. Сравнение соотношения поверхностного и подземного стока в регионе, проведенное за период 1926—1950 и 1951—1973 гг., обнаружило тенденцию к увеличению подземной составляющей водного баланса [12]. Однако снижение скорости поверхностного смыва не прослеживается вследствие сокращения доли поверхностного стока.

Стабилизация процессов эрозии происходит в силу естественных закономерностей развития рельефа во времени. В данном случае эрозийная система была выведена из состояния равновесия деятельностью человека. Ответная реакция системы на изменение среды, выразившаяся в резком усилении эрозийного процесса, происходит в начальный момент воздействия. В дальнейшем эрозийная система восстанавливает динамическое равновесие. При постоянно действующем новом факторе, которым в данном случае является деятельность человека, наблюдается аналогичная ситуация. Система восстанавливает динамическое равновесие, но на другом уровне. Этому новому состоянию системы свойственна более высокая интенсивность эрозийного процесса, чем прежде. Закономерность такого типа выявляется и при изучении других экзогенных процессов, развивающихся под влиянием деятельности человека. В частности, отступление берегов водохранилищ достигает максимальной интенсивности в первые 2—3 года после заполнения водоема. В последующие годы процесс стабилизируется.

2. Линейная эрозия. В бассейне р. Сейм широко распространены склоновые овраги, скорость роста которых значительно варьирует при средних значениях 0,5 м/год. Развитие оврагов зависит от многих факторов, но ни один из них не является ведущим. Механизм возникновения и развития оврагов иллюстрируют наши наблюдения на оврагах, развивающихся на склонах отвалов вскрышных пород Михайловского ГОКа [5]. Сначала появляются небольшие промоины, почти параллельные друг другу. Постепенно одни размывы исчезают, другие углубляются и расширяются, при этом они незначительно внедряются в террасовидную поверхность отвала. На отвалах 19—20-летнего возраста, где сформирован

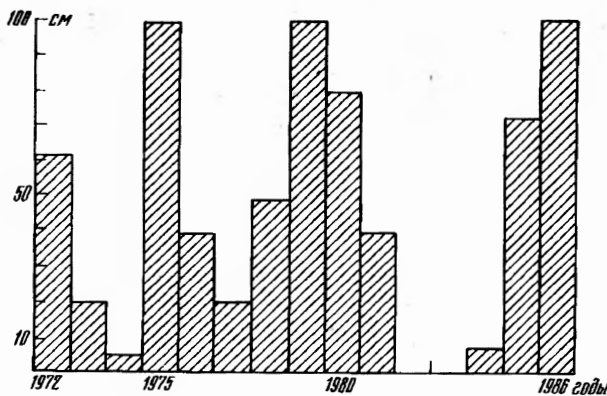


Рис. 3. Многолетняя динамика роста вершины оврага

горизонт грунтовых вод, обособленное развитие отдельных овражков на разных ярусах приобретает активную форму. Небольшие овражки соединяются в один овраг, прорезая террасовидные поверхности и вскрывая грунтовые воды, несмотря на хорошую задернованность и даже облесенность склонов отвалов.

Начиная с 1970 г. проводились наблюдения на одном из типичных для левобережья р. Сейм боковых оврагов. Его начальная (в 1970 г.) длина была 162 м, глубина 5 м, ширина до 20 м. Корреляционный анализ связи параметров, формирующих жидкий сток на водосборе, и роста вершины оврага показал, что отступление вершины оврага и развитие боковой эрозии в меньшей степени зависят от процессов, происходящих на водосборе, а определяются прежде всего степенью подготовки склонов оврага к размыву. В овраге скапливается в 2—4 раза больше снега, чем на его водосборе; жидкий сток с водосбора составляет 35%, из оврага — 65%; объем выноса материала соответственно 30 и 70%. В последнее время в литературе появляются высказывания о саморазвитии оврагов [13]. В оврагах создаются иные условия накопления и перераспределения влаги, нежели на водосборе. Увеличение влаги способствует более интенсивному выветриванию, т. е. ускоряется процесс подготовки склонов оврага к размыву, и интенсивный размыв может произойти и при небольшом количестве воды. Вопросы функциональной связи оврага со своим водосбором могут быть решены при проведении комплекса наблюдений и измерений, включающих подземный и грунтовый сток. Как правило, более интенсивно растут овраги, вскрывающие водоносные горизонты. В многолетней динамике роста вершины оврага обнаруживается близкая к 3-летней периодичность (рис. 3).

Материал, поставляемый со склонов оврага и с его водосбора, на неопределенное время остается на склонах оврага и в его днище, поэтому от года к году меняется характер его продольного и поперечного профилей. В многолетней динамике продольного и поперечного профилей заметна тенденция к преобладанию аккумуляции над размывом, во всяком случае за годы наблюдений. Максимальной величины аккумуляция достигает в привершинной и средней частях оврага. Так, за период 1981—1986 гг. в привершинной части тальвега наблюдалось накопление материала мощностью 38 см, в средней — 19 см, в приустьевой — 5,8 см (таблица).

Если исходить из современной скорости роста вершины оврага и из предположения, что он растет только за счет регрессивной эрозии, то возраст его ~300 лет. Приблизительно такой же возраст мы получим, рассчитывая по среднему объему выносимого сейчас из оврага материала (~60 м³/год). Эти результаты совпадают с возрастом оврагов Центральной лесостепи, образование которых в большинстве случаев связывают с началом последнего этапа интенсивного земледельческого освоения региона (XVII—XVIII вв.) [14].

Точки наблюдений	1982 г.		1983 г.		1984 г.		1985 г.		1986 г.	
	э*	а*	э	а	э	а	э	а	э	а
Профиль I (устье оврага)										
Склон северной экспозиции	—	—	0,0	0,5	0,0	1,2	—	—	0,0	6,3
Тальвег	—	—	0,0	0,0	0,0	7,0	—	—	—	—
Днище	0,0	3,7	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,3	0,0	3,8
Склон южной экспозиции	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,3
Профиль II (средняя часть)										
Склон северной экспозиции	—	—	0,0	0,3	0,0	1,2	—	—	2,0	0,0
Тальвег	0,0	6,5	0,0	1,5	0,0	0,9	0,0	6,6	0,0	4,0
Склон южной экспозиции	0,0	5,4	0,5	0,0	1,9	0,0	0,0	0,04	0,5	0,0
Профиль III (средняя часть)										
Склон северной экспозиции	—	—	0,0	0,3	0,0	0,5	—	—	0,0	8,2
Тальвег	0,0	15,5	0,0	12,6	0,0	2,4	—	—	1,1	0,0
Днище	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	8,5
Склон южной экспозиции	0,0	2,2	0,0	0,0	0,8	0,0	—	—	1,8	0,0
Профиль IV (привершинная часть)										
Склон северной экспозиции	—	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	—	—	0,5	0,0
Тальвег	—	9,0	0,0	10,0	0,0	9,0	0,0	6,0	0,0	2,0
Склон южной экспозиции	—	0,9	1,5	0,0	0,0	1,0	2,5	—	1,3	0,0

* э — эрозия, а — аккумуляция.

Таким образом, в динамике форм линейной эрозии прослеживается периодичность, обусловленная степенью подготовки склонов оврага к размыву, которая в свою очередь определяется условиями накопления и перераспределения влаги. Средняя скорость линейного роста оврагов 0,5 м/год, боковой эрозии — 0,75 м/год. В многолетней динамике продольного и поперечного профилей оврага отмечается тенденция к усилению аккумуляции.

В заключение отметим, что переход водосборных бассейнов из одного динамического состояния в другое, сопровождавшийся резкой активизацией эрозионных процессов (до 6 мм/год), был вызван повсеместной распашкой водоразделов и склонов 200—300 лет тому назад. По нашим данным и материалам по различным регионам России и зарубежных стран, средние величины смыва для определенного типа почв практически не меняются за последние 50—60 лет, т. е. новая природно-антропогенная система адаптировалась к существующим ландшафтно-климатическим условиям. Сейчас, при практически не меняющихся условиях, мы наблюдаем динамику эрозионных процессов под влиянием гидрометеорологических факторов. Объемы смыва колеблются в пределах, свойственных каждому типу почв. Для черноземов Центральной лесостепи это десятые доли миллиметра. При современном уровне распашки вовлечения новых земель в сферу сельскохозяйственного производства не произойдет, следовательно, не произойдет перехода на новый уровень развития водосборных бассейнов под влиянием этого фактора. Мы наблюдаем сейчас сформированные природно-антропогенные системы, переход которых в другое морфодинамическое состояние возможен лишь при изменении какого-либо другого внешнего фактора. Таким фактором может стать, например, переход к фермерскому типу хозяйств с соот-

ветствующим изменением формы и размеров полей, появление новых границ-межей, применением иных агротехнических приемов обработки земель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сычева С. А., Узянов А. А., Гайворон Т. Д. Динамика заселения Потускарья на сельскохозяйственном этапе его освоения//Временная организованность геосистем. М.: Ин-т географии АН СССР, 1989. С. 234—243.
2. Методы исследования водного баланса территории и картирования его элементов. М.: Ин-т географии АН СССР, 1973. 220 с.
3. Чернышев Е. П. Гидрологические особенности омыва почв на территории Центрально-Черноземных областей: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: Ин-т географии АН СССР, 1970. 33 с.
4. Чернышев Е. П. Твердый сток в естественных экосистемах и сельскохозяйственных угодьях//Водный баланс основных экосистем Центральной лесостепи. М.: Ин-т географии АН СССР, 1974. С. 213—276.
5. Фирсенкова В. М. Морфодинамика антропогенного рельефа. М.: Наука, 1987. 200 с.
6. Грин А. М. Опыт стационарного изучения процессов стока и смыва//Современные экзогенные процессы рельефообразования. М.: Наука, 1970. С. 89—95.
7. Чернышев Е. П. Особенности смыва почвенного покрова на различных угодьях Центральной лесостепи//Водный обмен в основных типах растительности СССР. Новосибирск: Наука, 1975. С. 275—279.
8. Раскатов Г. И. Геоморфология и неотектоника Воронежской антеклизы. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1969. 215 с.
9. Спиридонов А. И. Основные черты рельефа Черноземного центра//Вопросы географии. Вып. 32. М.: Географгиз, 1953. С. 134—156.
10. Кожанова Л. С., Тимофеев Д. А., Фирсенкова В. М. Опыт изучения элементарных морфологических единиц//Геоморфология. 1987. № 2. С. 74—82.
11. Козменко А. С. Основы противозерозионной мелиорации. М.: Сельхозгиз, 1954. 423 с.
12. Беляев А. В., Чернышев Е. П. Гидрологическая роль земледелия на территории Курской области//Формирование водного баланса территории. М.: Ин-т географии АН СССР, 1980. С. 84—97.
13. Скоморохов А. И. Скорость роста оврагов (по наблюдениям в Курской области)//Геоморфология. 1981. № 1. С. 97—103.
14. Былинская Л. Н. Изменения природы Курской области в XVIII—XX веках в результате хозяйственного освоения//Антропогенная эволюция геосистем и их компонентов. М.: Ин-т географии АН СССР, 1987. С. 121—126.

Институт экологии РАН, г. Тольятти

Поступила в редакцию
02.02.93

DYNAMICS OF THE PRESENT-DAY PROCESSES OF EROSION AND SEDIMENTATION ON THE KURSK EXPERIMENTAL SITE

V. M. FIRSENKOVA

Summary

The paper summarizes long-term measurements of slope and gully erosion and sedimentation within elementary catchments in the Kursk region. Soil erosion and sedimentation dynamics on slopes and bottoms of elementary rills is traced on daily, seasonal, and yearly basis. The processes appeared to relate to spatial differentiation of the catchment surface, its morphology in the first place. Quantitative data are given on the erosion and sedimentation dynamics in the gully and on its elements. The gully growth and its elements development is concluded to be of cyclic character.