

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 551.435.162:551.4.012(470)

© 2002 г. **Е.Ф. ЗОРИНА, И.И. НИКОЛЬСКАЯ, С.Д. ПРОХОРОВА****ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ОВРАГООБРАЗОВАНИЯ¹**

Овражная эрозия представляет собой один из наиболее активных и широко распространенных рельефообразующих процессов, негативно влияющих на все виды хозяйственной деятельности. Развитие оврагов, связанное, как правило, с антропогенным фактором, в дальнейшем происходит по законам природных процессов и зависит от совокупности природных факторов, определяющих возможность зарождения и активность последующего роста. Наибольшее распространение овражность получила в районах давнего сельскохозяйственного освоения, большое количество оврагов отмечается также на урбанизированных территориях. Анализ динамики оврагообразования показывает, что во всех случаях идет процесс возникновения и развития новых оврагов, удлинение современной овражной сети, т.е. оврагообразование представляет опасность как непосредственным развитием в настоящем и будущем, так и своими последствиями в виде образования овражной сети, расчленяющей водосборы более крупных эрозионных форм.

Общеизвестно, что возникновение и развитие оврагов происходит при нарушении естественного растительного и дерново-почвенного покрова, изменении плановых характеристик водосборов, увеличении глубин базисов эрозии. Эти же факторы определяют и количество и максимальные размеры оврагов, которые могут быть ими достигнуты. Максимально возможная овражность в количественном выражении представляет собой потенциал оврагообразования. Современная овражность – это реализация всего или части потенциала оврагообразовательного процесса. Ее характеристики отображены на топографических картах и позволяют оценить качество земельных ресурсов с точки зрения их современного состояния и целесообразности освоения. Степень реализации потенциала – функция периода активного оврагообразования, обусловленного интенсивностью и типом хозяйственного освоения территории. Соотношение между показателями современной и потенциальной овражности определяет меру реализации потенциала оврагообразования, а их разность (прогнозная овражность) – конкретные размеры опасности дальнейшего развития процесса [1].

Опасность овражной эрозии определяется как непосредственным состоянием современного развития процесса, так и его прогнозными характеристиками, зависящими от природных факторов. Отсюда возникает необходимость комплексного рассмотрения современной и прогнозной овражности как показателей опасности развития на

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке программы "Университеты России".

территории оврагообразовательного процесса. Общепринятыми в настоящее время показателями заовраженности территории являются густота ($\text{км}/\text{км}^2$) и плотность ($\text{ед}/\text{км}^2$) оврагов. Каждый из этих показателей имеет самостоятельное значение для оценки степени расчленения территории и активности процесса образования оврагов. Густота характеризует протяженность овражной сети на единицу площади территории, плотность – количество оврагов на единицу площади, что во многом обуславливает фронт развития процесса, а следовательно, и степень его дальнейшей опасности. По сочетанию показателей современной и прогнозной овражности была составлена карта "Опасность овражной эрозии равнинных территорий России".

Основными источниками информации при создании этой карты были результаты натурных исследований состояния овражной эрозии на территории России и крупномасштабные топографические карты. Также использовались карты густоты и плотности современных и потенциально возможных оврагов, составленные авторами по разработанной ими методике в Научно-исследовательской лаборатории эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева.

Создание карт овражности – процесс многоэтапный, так как с появлением новых результатов исследований и расчетных методик появляется возможность обновить и дополнить ранее составленные карты. Работа по составлению карт современной густоты и плотности оврагов включала пять этапов. На первом – по обзорно-топографической карте была составлена значковая карта распространения крупных оврагов длиной свыше 600 м. На втором этапе были выделены ареалы распространения крупных оврагов по частоте их размещения и преобладающей длине. Третий этап работы состоял в получении по крупномасштабным картам количественных характеристик густоты овражной сети и плотности более коротких оврагов длиной от 150 метров и более на ключевые участки в пределах выделенных ареалов (ключевые участки выбирались для различных типов территорий). Четвертый этап работы заключался в составлении карт густоты и плотности оврагов, длина которых превышает 150 м. В основу выделения контуров с различной густотой и плотностью оврагов положены границы ареалов крупных оврагов, которые уточнялись по данным, полученным по ключевым участкам. При этом использовались гипсометрические, почвенно-эрозионные и карты овражно-балочной сети отдельных районов. Итог пятого этапа работы – составление карт современной густоты и плотности оврагов на равнинные территории России, на которых в общие показатели овражности были включены не учтенные ранее овраги длиной от 70 до 150 м. Расчет количества и протяженности этих оврагов осуществлялся в контурах карты (4-й этап) по методике, включавшей районирование территории по основным факторам оврагообразования, выбор ключей (эталонов) и определение характеристик густоты и плотности по крупномасштабным картам. В результате проведенных расчетов были составлены карты густоты и плотности современных склоновых оврагов длиной свыше 70 м на равнинные территории России в м-бе 1:2500000 (1990 г.). Значения современной густоты овражной сети варьируют в пределах 0.01–1.3 $\text{км}/\text{км}^2$, плотности – от 0.01 до 5 $\text{ед}/\text{км}^2$ [2].

Современное состояние земельных ресурсов – это условия, в которых происходит развитие промышленности и сельского хозяйства страны, осуществляется строительство городов и сельских поселений. Основные моменты негативного проявления современной овражности следующие.

1. Ухудшение качества пахотных угодий и сокращение их площади вследствие разрушения земель, потеря гумусового горизонта как на площади самих оврагов, так и на прилегающих к оврагу пахотных землях.

2. Заносы плодородных земель в поймах рек и пастбищных угодий в балках и суходолах.

3. Обмеление и полное отмирание верхних звеньев гидрографической сети.

4. Загрязнение водных объектов выносами химических удобрений с полей, поступающих через овраги с ливневым и талым стоком.

5. Овраги – это источник дополнительных затрат при любом инженерном освоении территории.

Не меньший ущерб, часто непредсказуемых размеров, можно ожидать от дальнейшего развития овражной эрозии как в районах давнего освоения, так и в новых при интенсификации антропогенной нагрузки. Развитие оврагов создает угрозу разрушения жилых и промышленных комплексов, дорог, коммуникаций, линий электропередач и т.д.

Опасность дальнейшего роста овражной сети рассчитывается, исходя из предельно возможных по природным характеристикам региона параметров густоты и плотности оврагов или так называемому потенциалу овражного расчленения. Потенциал заовраженности в различных природных районах определяется при условии одинакового антропогенного воздействия – нарушения условий формирования стока воды и наносов на водосборах по склонам долин рек и балок. Для определения этих параметров использовалась методическая схема, включающая характеристики частоты овражного расчленения (C , ед/км) и удлинения современной долинно-балочной сети за счет развития оврагов (ΔL , км/км). Эти параметры определены в расчете на единицу длины эрозионных форм, на склонах которых располагаются овражные водосборы. Они рассчитывались для широкого диапазона природных характеристик: таких, как расходы ливневого стока, процент обеспеченности, глубина местных базисов эрозии, уклон, форма и длина склонов долинно-балочной сети, которые позволяют определить принципиальную возможность или невозможность оврагообразовательного процесса на склоне и максимальные габариты оврагов.

Принципиальная возможность оврагообразования определяется путем сопоставления критического уклона (I_0), соответствующего началу процесса размыва, с уклоном склона водосборного бассейна, на котором рассматривается развитие оврага. Зависимость для определения критического уклона может быть представлена как

$$I_0 = \beta^{0.67} V_p^{2.7} n^2 Q_0^{0.67},$$

где β – коэффициент формы руслового потока в овраге; V_p – размывающая скорость для грунтов, слагающих склон, м/с; n – коэффициент шероховатости русла; Q_0 – расход воды, м³/с.

В том случае, если уклон склона превосходит критический на величину, не меньшую 0.04, возможно образование оврага. Его предельная длина (потенциал) определяется по формуле

$$L_n = 0.3 \frac{H Q_0^{0.67}}{V_p^{2.7} n^2 \beta^{0.67}},$$

где H – глубина базиса эрозии овражного водосбора, м. Остальные обозначения смотри выше.

Полученные расчетные характеристики I_0 и L_n использовались для определения количества оврагоопасных водосборов и протяженности оврагов. По этим данным получены расчетные параметры частоты и удлинения эрозионной сети [2]. Они определены для широкого диапазона природных условий, для чего по каждому из основных природных факторов составлялись специальные "факторные" карты, позволяющие дать оценку степени устойчивости к образованию оврагов различных по природным условиям территорий.

Расчет потенциальной овражности (по показателям густоты и плотности оврагов) выполнялся в пределах водосборов рек первого порядка, выделенных на карте м-ба 1:2500000. Густота (ρ_0 , км/км²) и плотность (Π_0 , ед/км²) овражной сети получены как произведение густоты овражно-балочной сети водосборных бассейнов рек ($\rho_{д-6}$, км/км²) на расчетные значения ΔL и C : $\rho_0 = \rho_{д-6} \Delta L$, км/км²; $\Pi_0 = \rho_{д-6} C$, ед/км².

Потенциал овражной эрозии в пределах водосборных бассейнов рек позволяет рассматривать особенности распространения и развития линейной эрозии в единой системе эрозионно-аккумулятивного процесса на каждом конкретном водосборе. В результате выполненных расчетов каждый из водосборов был охарактеризован предельными размерами густоты и плотности (потенциалом) овражного расчленения и составлены авторские экземпляры карт потенциальной овражности в м-бе 1:2500000 (1990 г.). Потенциальные характеристики густоты изменяются в пределах от 0.01 до 3 км/км², а плотности – от 0.01 до 15 ед/км² [3].

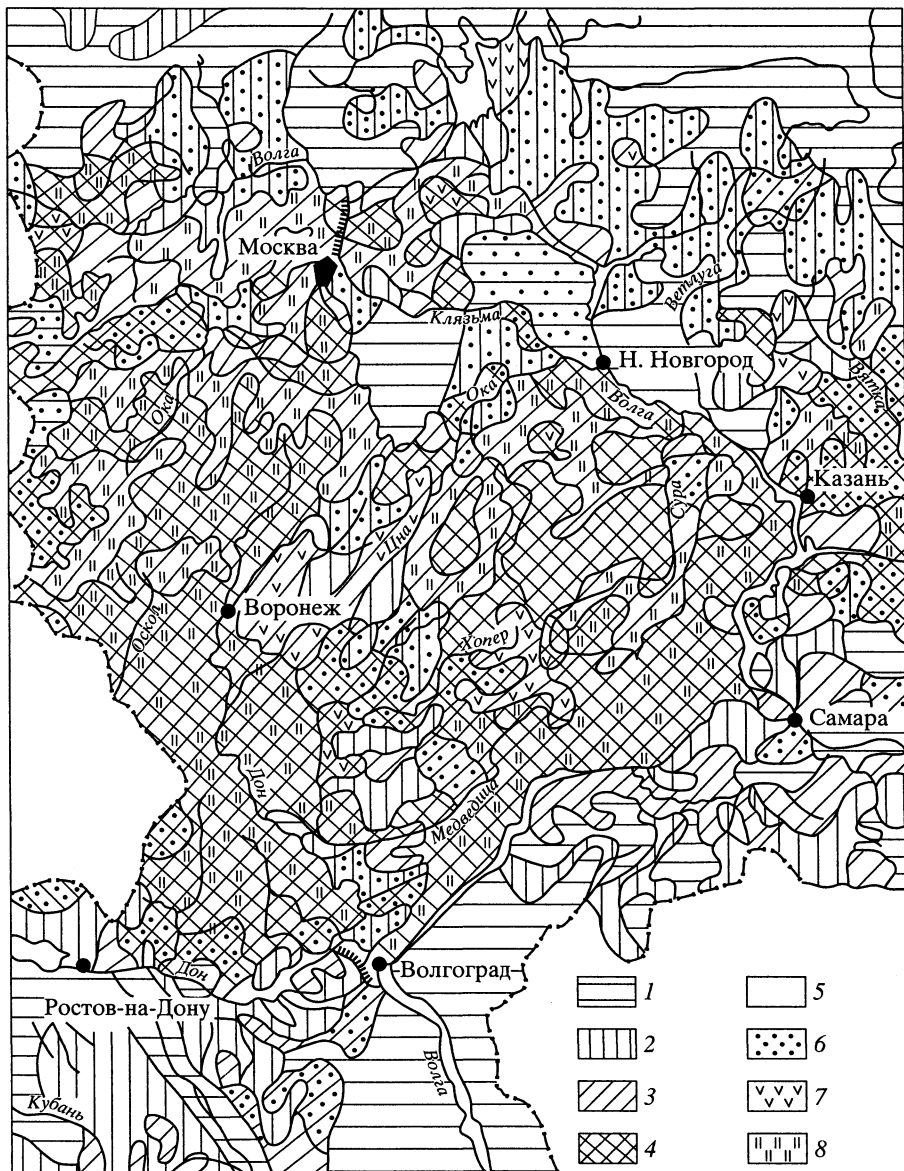
Анализ карт потенциала овражности показывает, что одни и те же высокие характеристики овражного расчленения могут быть следствием сочетания различных природных параметров. Глубокое эрозионное расчленение обуславливает значительную опасность образования оврагов даже при малых осадках и низкой размываемости грунтов. Те же значения повышенной овражности могут иметь место при легкоразмываемых породах и с малыми глубинами базиса эрозии. На территориях с выработанным эрозионным рельефом и пологими вогнутыми склонами расчетные характеристики потенциала овражности имеют минимальные значения, несмотря на легкую размываемость грунтов и большую глубину расчленения.

Для характеристики эрозионной опасности территории необходимы количественные показатели дальнейшего развития, так называемая прогнозная овражность, которая рассчитывается как разность между потенциальной и современной. Прогнозные показатели густоты и плотности овражной сети были подсчитаны для каждого выделенного водосбора, после чего по этим данным составлены соответствующие карты. В отличие от расчетных характеристик предельно возможного расчленения (потенциала густоты и плотности), являющегося результатом развития эрозионной сети с начала процесса линейной эрозии и прогнозируемого на будущее, размер прогнозных величин дает представление о том, насколько в перспективе опасна территория с точки зрения дальнейшего развития на ней овражной эрозии [4].

Как показывает анализ карт, прогнозная овражность неодинакова в различных природных условиях. Основное влияние на степень реализации потенциала оказывают интенсивность и давность освоения территорий. Она же обуславливает и прогнозные характеристики овражности, которые снижаются по мере реализации потенциала.

В основу оценки "опасности" оврагообразования положено рассмотрение показателей современной и прогнозной овражности. Анализ современного распространения оврагов и их прогнозных характеристик показал, что возможен весь спектр сочетаний современной и прогнозной овражности. При этом влияние на степень опасности современных и прогнозных показателей неодинаково, поскольку различно их воздействие на ландшафт и хозяйственную деятельность. В разных регионах России в зависимости от давности освоения, природных условий и направления хозяйственной деятельности будет преобладать тот или иной вид ущерба. Прогнозные параметры в сочетании с современными позволяют определить размеры площадей, практически свободных от линейной эрозии, т.е. не оврагоопасные, не нуждающиеся в противоэрозионных мероприятиях.

Логично ожидать наибольшей реализации "потенциала" в регионах давнего хозяйственного освоения. Вместе с тем районы наиболее развитой современной овражности являются и районами наибольшего прогнозного расчленения, что свидетельствует о продолжающемся оврагообразовательном процессе. В то же время максимальный рост оврагов можно ожидать в регионах в настоящее время безовражных, особенно в случае сведения лесов, а также в зоне распространения "вечной" мерзлоты. И наоборот, территория, где эрозионное расчленение близко к предельному и водораздельные пространства поражены современными оврагами, прогнозные значения становятся минимальными. Практически потенциал по расчетам полностью реализуется в двух случаях. 1. Современные показатели густоты и плотности оврагов вследствие длительной и активной антропогенной нагрузки практически приблизились к предельным максимальным значениям. 2. Современная овражность имеет минимальное развитие



Фрагмент карты "Опасность овражной эрозии равнинных территорий России"

Степень опасности овражной эрозии: 1 – незначительно опасная, 2 – мало опасная, 3 – умеренно опасная, 4 – опасная.

Прогноз плотности (ед/км²) и густоты овражной сети (км/км²): 5 – 0.5 ед/км², 0.1 км/км²; 6 – 0.51–3 ед/км², 0.11–1.0 км/км²; 7 – 3.1–5.0 ед/км², 1.1–1.5 км/км²; 8 – 5.1–10 ед/км², 1.51–3.0 км/км²

при минимальных потенциальных значениях густоты и плотности, что соответствует территориям регионов, значительные площади которых заняты заболоченными понижениями, а также районами с трудноразмываемыми породами, плоским рельефом, прямыми и вогнутыми склонами.

На рисунке представлен фрагмент карты "Опасность овражной эрозии равнинных территорий России", составленной путем сопоставления контуров карт современной и прогнозной густоты и плотности оврагов. Полученные таким образом контуры имеют

Опасность овражной эрозии на территории России

Степень опасности	Плотность оврагов, ед/км ²		Густота овражной сети, км/км ²		Характеристика возможной разрушительной силы овражной эрозии
	современная	прогнозная	современная	прогнозная	
Опасная	2.1–5.0	0.51–3.0	0.51–1.3	0.11–1.0	Значительное расчленение с.-х. угодий, препятствующее работе с.-х. машин и выпасу скота. Разрушение коммуникаций и противоэрозионных гидротехнических сооружений. Заиление прудов, водоемов. На урбанизированных территориях разрушение промышленных, жилых и строительных объектов
	2.1–5.0	3.1–5.0	0.51–1.3	1.1–1.5	
	2.1–5.0	5.1–10.0	0.51–1.3	1.51–3.0	
Умеренно опасная	2.1–5.0	≤ 0.5	0.51–1.3	≤ 0.1	Сокращение площадей пашни, изменение контуров полей. Разрушение противоэрозионных валов, потери плодородного (гумусного) слоя. Угроза значительных разрушений на урбанизированных территориях
	0.51–2.0	0.51–3.0	0.11–0.5	0.11–1.0	
	0.51–2.0	3.1–5.0	0.11–0.5	1.1–1.5	
	≤ 0.5	5.1–10.0	≤ 0.1	1.51–3.0	
Мало опасная	0.51–2.0	≤ 0.5	0.1–0.5	≤ 0.1	Незначительное сокращение полевых угодий. На урбанизированных территориях редкие случаи разрушений
	≤ 0.5	0.51–3.0	≤ 0.1	0.11–1.0	
	≤ 0.5	3.1–5.0	≤ 0.1	1.1–1.5	
Незначительно опасная	≤ 0.1	0.51–3.0	≤ 0.1	≤ 0.1	Крайне редкие овраги на полях и урбанизированных территориях
	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.5	0.11–1.0	

различные сочетания современной и прогнозной овражности. Легенда карты отображает четыре категории степени опасности овражного расчленения (опасная, умеренно опасная, мало опасная и незначительно опасная), показанные на карте штриховкой. Все категории опасности характеризуются количественными показателями прогноза густоты (км/км²) и плотности (ед/км²), изображенными значками. Параметры современной овражности могут быть определены при совместном рассмотрении карты и таблицы. В таблице приводится характеристика возможной разрушительной силы овражной эрозии. Категории опасности выделены согласно нормативным документам программы ГНТП "Экология России. Проект 5.3.2. Оценка опасности эрозионно-аккумулятивных процессов (1993–1996)".

Ниже дается краткая характеристика каждой категории опасности.

1. Опасная категория характеризуется максимальными значениями современной овражности (плотность 2–5 ед/км², густота 0.5–1.3 км/км²) при преимущественно наибольшей прогнозной: плотность 5 – 10 ед/км², густота 1.5–3 км/км², а также, возможно, частично реализованным потенциалом (прогнозная плотность до 5 ед/км², густота до 1.5 км/км²). Такое сочетание показателей свидетельствует о том, что существует не только заовраженность территорий в настоящее время, но и опасность дальнейшего активного развития оврагообразовательного процесса.

Опасные территории характерны для регионов давнего интенсивного хозяйственного освоения, почти полностью распаханые, с благоприятными геолого-геоморфологическими условиями для оврагообразования (глубокорасчлененные части возвышенностей, сложенных пылеватыми и лессовидными отложениями). Опасны районы Среднерусской, Калачской, Приволжской и Ставропольской возвышенностей, Донского Белогорья, Вятских Увалов. В азиатской части России эти территории на севере выявлены в районах интенсивного освоения – на п-овах Ямал, Тазовском, Гыданском, на юге – в Минусинской впадине, в долине р. Олей, на левобережье р. Абакан.

2. К категории умеренно опасной отнесены территории с достаточно высокой современной овражностью (плотность 0.51–2 ед/км², густота 0.11–0.5 км/км²) и частично реализованными потенциальными показателями, прогнозные соответственно от 0.5 до 5 ед/км² и от 0.11 до 1.5 км/км². Кроме того, сюда относятся районы с максимальной современной овражностью и минимальной прогнозной (почти полностью реализованным потенциалом), и, наоборот, с минимальной современной и максимальной прогнозной. В том и другом случаях существует опасность или от уже причиненного ущерба, или от усиления овражной эрозии при нарушении природных условий вследствие активной антропогенной нагрузки.

Территории умеренно опасной овражности наблюдаются преимущественно в лесостепной зоне на увалисто-холмистых равнинах и отрогах возвышенностей: Среднерусской, Смоленско-Московской и Приволжской, на Окско-Донской равнине, в Высоком Заволжье, в отдельных районах Большеземельской тундры, на п-овах Ямал, Таймыр, Гыданский, в бассейне р. Тобол, в Барабинской и Кулундинской степях, на правобережье Новосибирского водохранилища, в междуречье Зеи и Буреи.

3. Мало опасная степень овражной эрозии характеризуется сочетанием показателей современной и прогнозной овражности двух видов: 1) при современной плотности 0.5–2 ед/км² и густоте 0.1–0.5 км/км² отмечается почти полная реализация потенциала, т.е. минимальные прогнозные значения густоты (0.1 км/км²) и плотности (0.5 ед/км²) овражной сети; 2) при минимальных современных показателях прогнозные варьируют в пределах: плотность 0.5–5 ед/км², густота 0.11–1.5 км/км².

Территории малой степени опасности характеризуются неглубоким расчленением рельефа, его сглаженностью и залесенностью. На территории европейской части России кроме моренных возвышенностей – Валдайской, Смоленско-Московской, Клиньско-Дмитровской, Галической и др. – она отмечается вдоль западных отрогов Уральских гор, в пределах Северных Увалов, Верхнекамской и Бугульминско-Белебеевской возвышенностей. В азиатской части России малая степень опасности наблюдается на

берегах Оби, в долине Иртыша, на Ишимской равнине, в Барабинской степи, по берегам Красноярского водохранилища, в низовьях Енисея и др.

4. Незначительно опасная степень развития овражной эрозии характеризует территории с практически полным отсутствием оврагов в настоящее время, невозможностью возникновения их в будущем ввиду определенных природных условий, не способствующих оврагообразованию; районы с полностью реализованным потенциалом при минимальных значениях современной овражности; редкие отдельные районы, где при незначительной овражной эрозии в настоящее время (в лесной зоне) мало вероятно образование оврагов при антропогенном вмешательстве (вырубка леса, распашка, разные виды строительства и т.д.). На севере европейской части России к ним относятся озерно-ледниковые, аллювиально-озерные и морские равнины с грядовым рельефом – Приильменская, Двинско-Мезенская, Северо-Двинская равнина, районы Малоземельской и Большеземельской тундр, Карелия и Кольский п-ов, моренно-зандровые и аллювиально-эрозионные равнины (междуречье Оки и Волги), Мещерская низменность, Низкое Заволжье и др. На юге это плоские низменности с малыми глубинами базиса эрозии (Прикаспийская, Прикубанская низменности, Кумо-Манычская впадина).

Составленная карта дает информацию как о современном состоянии овражной эрозии на равнинных территориях России, так и о степени ее дальнейшего развития, что может служить основой для сравнительной оценки степени опасности овражной эрозии в различных природных регионах России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина Е.Ф. Овраги, оврагообразование и потенциал развития // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 2000. Вып. 12. С. 72–95.
2. Зорина Е.Ф., Никольская И.И., Прохорова С.Д. Заовраженность равнинных территорий России // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование. М.: Изд-во МГУ, 1993. С. 33–42.
3. Зорина Е.Ф., Каташ И.Г., Любимов Б.П. и др. Новые типы карт опасности овражной эрозии // Геоморфология. 1992. № 3. С. 25–32.
4. Веретенникова М.В., Зорина Е.Ф., Каташ И.Г. и др. Прогнозная оценка развития овражной эрозии как современного антропогенного процесса // Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1995. Вып. 10. С. 68–86.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
17.07.2001

EVALUATION OF GULLY HAZARD

E.F. ZORINA, I.I. NIKOL'SKAYA, S. D. PROKHOROVA

S u m m a r y

The density (km/km^2) of gully network and characteristic of number of gullies per km^2 were used for all-round description of gully formation. Authors put forward a new method of gully erosion hazard evaluation based on the comparison of nowadays and prognostic characteristics of gully erosion.