

## МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ОВРАЖНОЙ ЭРОЗИИ НА РУССКОЙ РАВНИНЕ<sup>1</sup>

**Р.А. Гайфутдинова, О.П. Ермолаев**

*Казанский (Приволжский) федеральный университет  
420018, г. Казань, ул. Кремлевская, 18, e-mail: gregina8@mail.ru*

**Проблема овражной эрозии.** Главным процессом морфогенеза для всей умеренно-гумидной зоны Евразии считается эрозия, которая проявляется в плоскостном смыве, деятельности временных и постоянных водных потоков. Именно эрозия определяет в значительной степени современный облик рельефа, экологическую ситуацию в речных бассейнах [1]. Овражная эрозия, как составная часть склоновой эрозии, - это один из активных современных экзогенных процессов, осуществляемых временными русловыми потоками дождевых и талых вод, в результате которого возникают специфические линейные формы на поверхности суши [2]. При интенсивном оврагообразовании происходят изменения в функционировании ландшафтных комплексов, прежде всего, из-за изменения рельефа, а также отчуждение ценных сельскохозяйственных угодий.

Овраги причиняют большой ущерб населенным пунктам и предприятиям, путям сообщения и различным коммуникациям, вызывают заиление прудов и обмеление малых рек. Так, например, в результате эрозионных процессов почвы Чувашской Республики ежегодно теряют в среднем 216,5 тыс.т гумуса. С почвенными частицами безвозвратно выносятся в среднем 14,5 тыс.т азота, 10,4 т фосфора ( $P_2O_5$ ) и 140 тыс. т калия ( $K_2O$ ). В сумме потери элементов питания растений достигает 164,9 тыс. т/год [7]. Предволжье, включающее территорию Чувашской Республики, предволжских (правобережных) частей Республики Татарстан и Республики Марий-Эл и почти всей правобережной части Ульяновской области – представляет собой наиболее сильно пораженный овражной эрозией регион востока Русской равнины. На регион приходится более половины (59%) всей протяженности оврагов [4].

**Параметры исследования.** Эрозия, как и любой экзогенный процесс, характеризуется величиной, которая является ее количественной характеристикой. Не всякая величина представляет собой практический интерес. В связи с этим, выделяют понятие «параметр процесса», обозначающее величину, которая характеризует существенное свойство экзогенных процессов [10]. Не менее важным является понятие «единица измерения», связанное с понятием «величина» и обозначающее конкретное значение величины процесса, принятое за основание сравнения для количественной оценки величины того же рода. Исследования овражной эрозии направлены на выявление: 1) интенсивности развития в пространстве (площадное простираание оврагов) и во времени (скорости роста); 2) причин ее развития [8]. В таблице 1 представлены основные показатели (параметры) овражной эрозии и единицы измерения.

---

<sup>1</sup>Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект №15-17-20006)

Таблица 1

Основные показатели распространения и роста оврагов  
(по Л.Е. Сетунской, 1986)

Аспект изучения овражной эрозии	Параметр (определение)
Площадное распространение оврагов	Густота (протяженность овражной сети на единицу площади)
	Плотность (количество овражных вершин на единицу площади)
	Заовраженность (коэффициент овражности - отношение площади оврагов к общей площади региона)
	Расстояние между соседними оврагами
	Площадь межовражных пространств
Интенсивность роста оврагов	Величина линейного прироста (приращение длины оврага за счет продвижения его вершины к водоразделу)
	Приращение площади, занятой оврагом
	Изменение объема твердого стока из оврага
	Изменение глубины оврага в разных его частях

При изучении динамики овражной эрозии особое внимание уделяется величинам линейного, площадного прироста, а также изменениям глубин и объема твердого стока. В таблице 2 представлены единицы измерения и их размерность, характеризующие данные параметры.

Таблица 2

Система единиц скорости при измерении отступления (повышения) поверхности  
(по Е.А. Толстых и др., 1986)

Сим вол	Термин	Определение	Размерность	Уравнение
$v_l$	Скорость отступления линейная	Отступление поверхности за единицу времени	мм/год	$ v_l  =  v_0 $
$v_0$	Скорость отступления объемная	Объем материала, снесенного с удельной поверхности за единицу времени	л/м <sup>2</sup> год	$v_0 = v_m/p$ , где $p$ – плотность породы в естественном залегании
$v_m$	Скорость отступления по массе	Масса материала, снесенного с удельной поверхности за единицу времени	кг/м <sup>2</sup> год	$v_m = v_0 * p$

Уравнения (табл. 2) представляют собой систему расчетных связей, когда предварительно классифицируя измеряемые параметры на экспериментальные и вычисляемые и в силу принципа равнозначности измерений, достаточно одной экспериментальной скорости, чтобы вычислить все остальные [8]. Как отмечает Л.Е. Сетунская (1986), при установлении интенсивности роста оврагов чаще всего за показатель принимается величина линейного прироста. Значительно реже исследуются изменения других параметров оврага – площади, глубины, объема. Показатели,

определяющие причины развития овражной эрозии, в статье Л.Е. Сетунской не рассматриваются.

**Методы изучения динамики овражной эрозии.** Как указывалось выше, изучение динамики овражной эрозии направлено, главным образом, на определение скорости линейного и площадного прироста оврага. Наиболее простой и традиционный метод определения величины прироста оврагов – метод реперов. Суть его сводится к закреплению в грунт у вершины оврага и выше нее реперов для проведения систематических замеров расстояний от вершины до реперов [8]. Однако, как отмечает Л.Е. Сетунская, величины линейного прироста оврагов не всегда правильно характеризуют интенсивность овражной эрозии и наиболее правильным и объективным показателем будет изменение объема оврага. Таким образом, стоит задача применения наряду с традиционным методом реперов других методов, позволяющих оценить объемную скорость отступления и скорость отступления по массе. Примером таких исследований может служить геоинформационный подход, осуществляемый в Удмуртском университете при количественных оценках эрозионных процессов на территории Удмуртской Республики. С 2000 г. на активно растущих оврагах ежегодно проводятся работы по тахеометрической съемке, а с 2002 г. съемка осуществляется электронным тахеометром «ELTAZEISS 3305», который позволяет получить результаты измерения в электронном виде с большой точностью [3]. С 2006 г. обработка результатов тахеометрической съемки осуществляется с применением программного комплекса «CREDO», который состоит из нескольких крупных систем и ряда дополнительных задач, объединенных в технологическую линию обработки информации в процессе создания различных объектов от производства изысканий до ведения мониторинга. Например, расчет объема вынесенного материала выполняется в программе «CREDO Генплан», что обеспечивает оперативность и точность выполняемых работ. Необходимость комплексной оценки динамики овражной эрозии подтверждает пример, приведенный в статье Григорьева И.И. и Рысина И.И. (2009): площадь одного из оврагов в д.Крымская Слудка увеличилась с 2007 по 2008 г. на 257,67 м<sup>2</sup>, а объем – на 1473 м<sup>3</sup>, в то время как линейный прирост составил всего 1 м.

Другой пример совершенствования метода оценки интенсивности овражной эрозии – это применение метода наземного лазерного сканирования (НЛС). Эти исследования проводятся в Казанском (Приволжском) федеральном университете с 2010 г. Используются два типа наземных сканеров Trimble-GX и Trimble-VX. Разработанный и примененный на практике новый метод позволяет с высокой точностью регистрировать разнообразные виды эрозии. Его применение дает возможность оценки денудационно-аккумулятивного баланса на склонах, определения динамики объемов перемещаемого материала в разных частях склона за различные события поверхностного стока, выявления пространственных закономерностей формирования ручейковых размывов. Особую роль метод НЛС может сыграть в определении закономерностей развития овражных форм [5, 6]. К практическим преимуществам лазерного сканирования относят: высокую скорость измерений без потерь в точности; полную цифровую модель объекта; выполнение работ при любых условиях освещения; существенное сокращение временных и других ресурсных затрат; возможность съемки труднодоступных и сложных объектов; полную автоматизацию процесса измерений, а также измерение геометрических параметров по полученной 3D-модели и хранение 3D-информации об объекте в цифровом виде. Однако, как и любой другой, этот метод не может быть универсальным. Например, методом НЛС трудно определять динамику зарастающих оврагов, требуется организация нескольких станций наблюдения при высокой извилистости овражных систем, пролювиальные конуса-выносы должны быть без растительного покрова, поскольку он дает большие ошибки

при сканировании. Кроме того, метод довольно трудоемок, т.к. необходима организация реперной сети. И, пожалуй, самое главное – очень высокая стоимость приборов. В таблице 2 приведены примеры методов оценки динамики овражной эрозии.

Таблица 3

Единицы скорости динамики овражной эрозии и методы ее оценки

Единицы скорости	Методы			
Скорость отступления линейная	Метод реперов	Съемка электронным тахеометром с последующим применением программного комплекса «CREDO»	Метод 3D-наземного лазерного сканирования	Дешифрирование аэрокосмических снимков
Скорость отступления объемная	Математические методы расчета			
Скорость отступления по массе				

Ю.Г. Симонов и С.И. Большов (2002) отмечают, что вторая половина XX века характеризуется прибавлением к существующим методам традиционных исследований новых методов, связанных с научно-техническим прогрессом. Внедрение дистанционных методов исследования, автоматизация трудоемких работ, создание сложно построенных банков данных – привело к созданию новых информационных технологий исследования, так называемых ГИС-технологий. Все это стало возможным благодаря использованию ЭВМ как средства геоморфологических исследований. Примером практического применения ГИС-технологий может служить метод дешифрирования аэрокосмических снимков высокого и сверхвысокого разрешения (табл. 3), который успешно применяется в изучении современной динамики овражной эрозии на кафедре ландшафтной экологии Казанского (Приволжского) федерального университета. Для его реализации используются космические снимки (КС) из программ с открытым доступом GoogleEarth, SAS–Planet. Дальнейшая обработка КС происходит в ГИС MapInfo. После привязки разновременных снимков одинакового масштаба и положения оцифровывается бровка и тальвег оврага. Производится наложение схем дешифрирования и вычисляется для изучаемого оврага его площадной и линейный прирост. Затем отмечается вершина оврага и от этой точки строится водосборная площадь оврага по ЦМР. Затем вычисляются все морфометрические характеристики (длина линий тока, уклоны, превышения, площади, экспозиции и пр.). Создается геопространственная база данных для каждого оврага, включающая сведения о площади водосбора, морфометрии, приросте, в каких породах и почвах развивается, условия землепользования и др. Ограничением массового использования этого метода на обширные территории является достаточно высокая стоимость снимков сверхвысокого разрешения и качество съемки за отдельные периоды времени (в основном из-за облачного покрова).

### Литература

1. Бутаков, Г.П. Динамика овражной и речной эрозии в конце XX века на территории Республики Татарстан/Г.П.Бутаков, И.А.Серебренникова, В.В. Юсупова// Современные и древние эрозионные процессы. Под редакцией профессора Г.П. Бутакова и профессора Г.А. Ларионова. – Казань, 2001. – С. 51 – 67.

2. География овражной эрозии. Под редакцией Е.Ф. Зориной. М.: изд-во МГУ, 2006 – 324 с.
3. Григорьев, И.И. Применение программного комплекса «CREDO» в исследовании овражной эрозии в Удмуртии/ И.И.Григорьев, И.И.Рысин// Эрозионные и русловые процессы на равнинных территориях: материалы Международной науч.-практ.конф., 14-19 сент.2009 г./ БГУ, Ин-т почвоведения и агрохимии; редкол.: И.И. Пирожник (отв.ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – С. 59-61.
4. Дедков, А.П. Избранные труды/ А.П.Дедков. – Казань: Изд-во Казан.гос.ун-та, 2008. – 592 с.
5. Ермолаев, О.П.Использование метода наземного лазерного сканирования для количественной оценки интенсивности склоновой эрозии/О.П.Ермолаев, Б.М.Усманов, А.М. Гафуров//Двадцать девятое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов/ научная конференция УлГПУ «Трешниковские чтения – 2014» (г. Ульяновск, 22-24 октября 2014 г.): Доклады и краткие сообщения. Ульяновск: ФГБОУ ВПО «УлГПУ им.И.Н.Ульянова». 2014. – С. 84-85.
6. Bulat Usmanov, Oleg Yermolaev & Artur Gafurov Estimates of slope erosion intensity utilizing terrestrial laser scanning // IAHS Publ. 367, 2014. pp. 59-65.
7. Ильина, Т.А.Эрозионные земли Чувашии/ Т.А.Ильина,В.Г. Иванов, С.С. Максимов//Двадцать третье пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Калуга, 8-10 октября 2008 г.): Доклады и краткие сообщения. – Калуга: КГПУ им. К.Э.Циолковского, 2008. – С.139-140.
8. Сетунская, Л.Е. Овражная эрозия (методы изучения)/ Л.Е. Сетунская // Методы полевых геоморфологических экспериментов в СССР. – М.: Наука, 1986. – С. 48-63.
9. Симонов, Ю.Г.Методы геоморфологических исследований: Методология: Учебное пособие/ Ю.Г. Симонов, С.И. Болысов. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 191с.
10. Толстых, Е.А.Методика измерения экзогенных процессов/Е.А.Толстых,А.А.Клюкин, Т.Н. Толстых// Методы полевых геоморфологических экспериментов в СССР. – М.: Наука, 1986. – С. 5-24.