



УДК 631. 617  
ББК 40.3

## АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ПОЧВЕННО-ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

*А.А. Тубалов*

В статье публикуются материалы исследования современного состояния почвенного покрова сельскохозяйственных территорий, проведенного на основе применения дистанционных методов и учета ландшафтно-водосборной структуры территории. Собранные материалы могут служить основой для дифференцированного подхода при проведении агролесомелиоративных мероприятий.

**Ключевые слова:** эрозия почв, дистанционные методы, геоинформационные технологии, водосборы, агролесомелиорация.

Оценка и картографирование эрозионных процессов является важной задачей агролесомелиоративных почвенных исследований [2]. Развитие современных эрозионных процессов является индикатором степени зарегулирования поверхностного стока вод. Рациональное управление стоком вод на основе агролесомелиорации позволяет предотвращать развитие деградации почвенного покрова территории, в целом обеспечивает повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Новейшие методы исследования почвенного покрова основаны на применении дистанционных данных и компьютерных средств обработки информации. Применение геоинформационных технологий картографирования дает возможность сохранить точность исследований, присущих наземным методам, и позволяет ставить задачи по изучению обширных территорий.

Проведенные исследования были выполнены на объекте «Михайловский полигон», представляющем собой территорию двух балочных водосборов (балки Чаплыжная и Чапура) Михайловского района Волгоградской области. Общая площадь полигона равна

196 кв. км. Данная территория относится к Хоперско-Бузулукской равнине Окско-Донской низменности. Основным типом почв является чернозем южный маломощный малогумусный.

Методика проводимых исследований основана на применении аэрокосмических методов [5, с. 9–12], ее основными этапами являются: сбор первичного материала (при данном исследовании основными первичными материалами стали: почвенная карта М 1 : 100 000 Михайловского района Волгоградской области, топографические карты; космоснимки, размещенные в открытом доступе в сети «Интернет»); предварительное дешифрирование; полевое эталонирование; анализ полевых материалов; создание и анализ базы статистической информации, характеризующей территориальные единицы.

Развитие эрозионных процессов прежде всего приурочено к уже существующей гидрографической сети [3, с. 100–107; 4, с. 25–28]. В ходе проведения полевых работ было выполнено исследование всех суходольных звеньев (днищ балок, лощин, ложбин), а также территорий, потенциально подверженных эрозионным процессам, – выпуклых склонов межбалочных водосборов [1, с. 50–52].

Исследования, направленные на изучение состояния почв при донном размыве, были выполнены в ходе проведения полевых работ

в июле 2010 года. Обследование днищ балок исследуемого полигона позволило выявить в б. Чаплыжной донный овраг, вершина которого находится в третьей четверти тальвега балки (рис. 1). Координаты вершины оврага, полученные с использованием GPS-приемника: 50° 17'45,61" с.ш. и 43° 21'31,70" в.д.

Наличие вторичной эрозии по дну балок характеризует степень зарегулированности стока во всем балочном водосборе как недостаточную. Опасность донного размыва заключается в дальнейшем усилении эрозионных процессов деградации почв, связанных с изменением базиса эрозии. Непосредственный ущерб от данной формы оврагов проявляется в деградации сенокосов.

В ходе исследований ложинно-ложбинного звена гидрографической сети была изучена важная особенность, присущая данным территориям. Ложбинные звенья являются зоной перехода плоскостной формы эрозии в ее линейные формы (территория временной ручейковой сети, которая формируется во время интенсивных летних осадков). По данным предварительного дешифрирования были выявлены ложины с интенсивным развитием эрозионных процессов. Пример одной из таких ложин приведен на рисунке 2.

Территория ложин находится в активном сельскохозяйственном обороте, как правило, на них расположена пашня. Развитие эрозии на данном участке гидрографической сети приносит непосредственный вред сельскохозяйственному производству: деградация почвенного покрова (процессы смыва и размы-

ва почв вплоть до полного ее разрушения – обнажения подстилающих пород), препятствие для прохождения сельхозтехники, резерват для сорной и паразитарной растительности. Развитие эрозионных процессов размыва в средней части ложбины несет в себе опасность интенсификации процессов смыва, то есть дальнейшее углубление промоины и образование оврага.

Развитие эрозионных процессов в ложинах имеет четкие дешифровочные признаки, позволяющие точно идентифицировать их на летних космоснимках. Интенсивные процессы смыва почвы и ее выноса приводят к сильному угнетению и гибели культурных растений, обнажению подстилающих пород.

Важным моментом проведенных полевых исследований стало обследование выпуклых склонов балочных водосборов (рис. 3). Данные территории обладают большим потенциалом развития эрозионных процессов. Любые ошибки агротехники (вспашка вдоль склона, прокладка грунтовых дорог) в сочетании с природными факторами (количество и характер осадков) могут приводить к возникновению деградационных явлений.

В ходе проведения полевых исследований на ключевых участках было отобрано свыше 40 почвенных образцов. В лабораторных условиях были определены следующие свойства почв: содержание гумуса (%), гранулометрический состав, влажность (%), содержание легкорастворимых солей (%). Анализ полученных данных подтверждает то, что изменения свойств почв (уменьшение содер-



Рис. 1. Донный размыв в балке Чаплыжной Волгоградской области \*:

А – космоснимок; Б – фотография

\* Составлено автором.

жания гумуса, уменьшение мощности гумусового горизонта) приурочены прежде всего к линейным формам проявления эрозии. Это положение дает основание для проведения оценки почвенно-эрозионного состояния на основе методов дешифрирования изображения по космоснимкам.

Проведенные полевые исследования позволили выявить дешифровочные признаки эрозионных процессов в суходольных звеньях гидрографической сети. Эта информация позволила по материалам космосъемки провести картографирование и оценку развития эро-

зионных процессов на всей площади полигона проводимых исследований.

На основании применения пакетов прикладных программ для работы с графическими изображениями и со статистическими массивами данных были выполнены следующие виды картографических работ: топографическая привязка космоснимков; анализ изолинейной модели рельефа; создание карты структуры водосборов исследуемого полигона; снятие параметрической информации и создание базы данных; анализ и оценка полученных параметров.

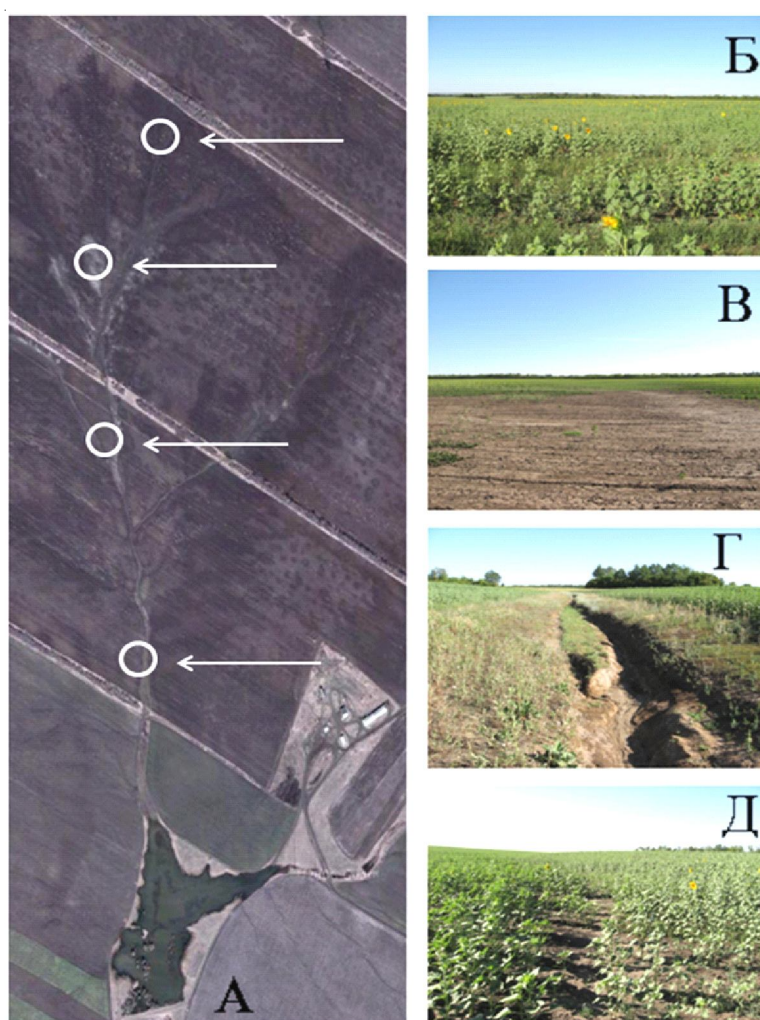


Рис. 2. Космоснимки и наземные фотографии лощины балки Чапура Волгоградской области \*:

*А* – космоснимок; *Б* – гибель культурных растений в верхней части лощины, координаты: 50° 17'12,58" с.ш. и 43° 17'41,76" в.д.; *В* – развитие плоскостного процесса смыва по дну лощины во второй ее четверти, координаты: 50° 16'31,60" с.ш. и 43° 17'33,21" в.д.; *Г* – развитие и переход процессов смыва почв в стадию размыва в третьей четверти лощины, координаты: 50° 16'43,60" с.ш. и 43° 17'36,72" в.д.; *Д* – аккумуляция смытой почвы в нижней части лощины, координаты: 50° 16'22,69" с.ш. и 43° 17'39,78" в.д.

\* Составлено автором.

Операция топографической привязки позволила повысить точность проводимых картографических исследований, скорректировать возможные искажения космоснимков, вызванные их трансформацией. Сопоставление фотографического изображения местности на дистанционных материалах с характером распространения горизонталей на топографических картах позволило точно выявить структурные элементы рельефа – в данном случае водоразделы различных порядков. Точно установленные границы водосборов служат основой для определения площадных характеристик и связанных с ними показателями эрозионного состояния территории.

На рисунке 4 приведена карта структуры водосборов исследуемого полигона. Были определены водосборы двух порядков: водосборы балок и водосборы ложинно-ложбинной сети. Выявление водосборов на

порядок ниже, чем балочные водосборы, позволит оценить эрозионное состояние почв более дифференцированно. Всего было выделено десять водосборов в б. Чапура и двенадцать в б. Чаплыжная. Средняя площадь выделенных ложинно-ложбинных водосборов равна 9 кв. км, минимальная – 4 кв. км, максимальная – 15 кв. км. В нижней части исследуемых балочных водосборов ложинно-ложбинные водосборы не выделялись, так как данная территория представляет собой пойму р. Тишанки. Ландшафтная структура территории содержит как собирающие водосборы, так и рассеивающие [6, с. 62–63] (водосборы 1.8, 2.1, 2.3, 2.7).

Основными величинами, полученными на основе картографического материала, стали: площади водосборов (кв. км), протяженность древних эрозионных форм (км), протяженность современных эрозионных форм (км), количе-

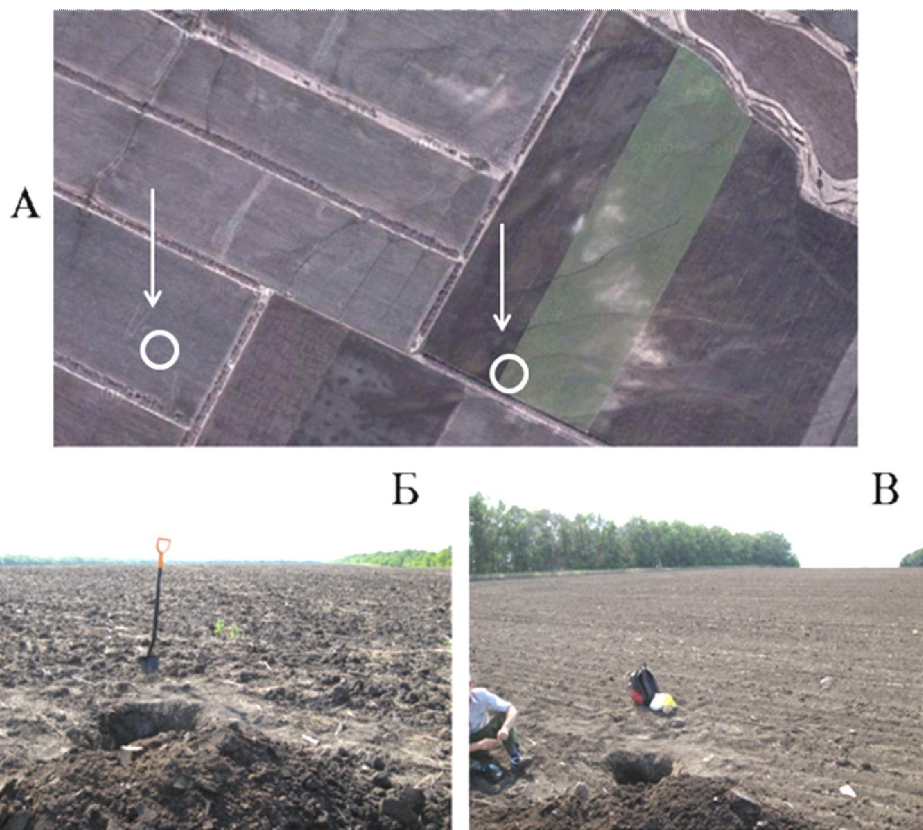


Рис. 3. Почвенный покров на водоразделе и склоне балки Чаплыжной Волгоградской области (уклон 3–4°)\*:

*А* – космоснимок; *Б* и *В* – наземные фотографии мест закладки почвенных шурфов, координаты точек закладки шурфов: 50° 17'12,91" с.ш. и 43° 20'27,59" в.д. (водораздел), 50° 17'06,61" с.ш. и 43° 21'10,04" в.д. (склон)

\* Составлено автором.

ство вершин оврагов (шт.). Данные параметры для каждого водосбора были внесены в базу данных.

С использованием функциональных возможностей пакета прикладных программ Excel на основе полученного массива первоначальных данных был произведен расчет количественных параметров эрозионного состояния водосборов: древнее эрозионное расчленение (км/кв. км), современное эрозионное расчленение (км/кв. км), плотность вершин оврагов (шт./кв. км), коэффициент напряженности оврагообразования – как отношения современного (овражного) расчленения к древнему (в данном случае ложинно-ложбинному). С использованием аналитических функций для каждого параметра был произведен расчет статистических величин: среднее значение, минимальное, максимальное (см. табл.).

Анализ таблицы дает основание для выделения территорий с наибольшей степенью проявления эрозионных процессов. Ими

являются водосборы 1.8; 2.1; 2.3; 2.7; 2.10; 2.12 (см. рис. 4). Данную группу образуют прежде всего так называемые «вставочные» водосборы. Указанные территории имеют ряд отличий (выпуклые склоны), обуславливающих их повышенную эрозионную опасность.

Таким образом, проведенное исследование на основе применения компьютерных технологий картографирования в рамках ландшафтно-водосборной структуры уровня ложинно-ложбинных водосборов открывает возможности для повышения эффективности будущих агролесомелиоративных работ. Выявленные параметры эрозионных процессов (древнее эрозионное расчленение – 1,12 км/кв. км; современное эрозионное расчленение – 0,55 км/кв. км; плотность вершин оврагов 1 шт./кв. км; коэффициент напряженности оврагообразования – 0,48) не являются максимальными для Волгоградской области, но позволяют говорить о необходимости усиления мер защиты почв от эрозионной деградации.

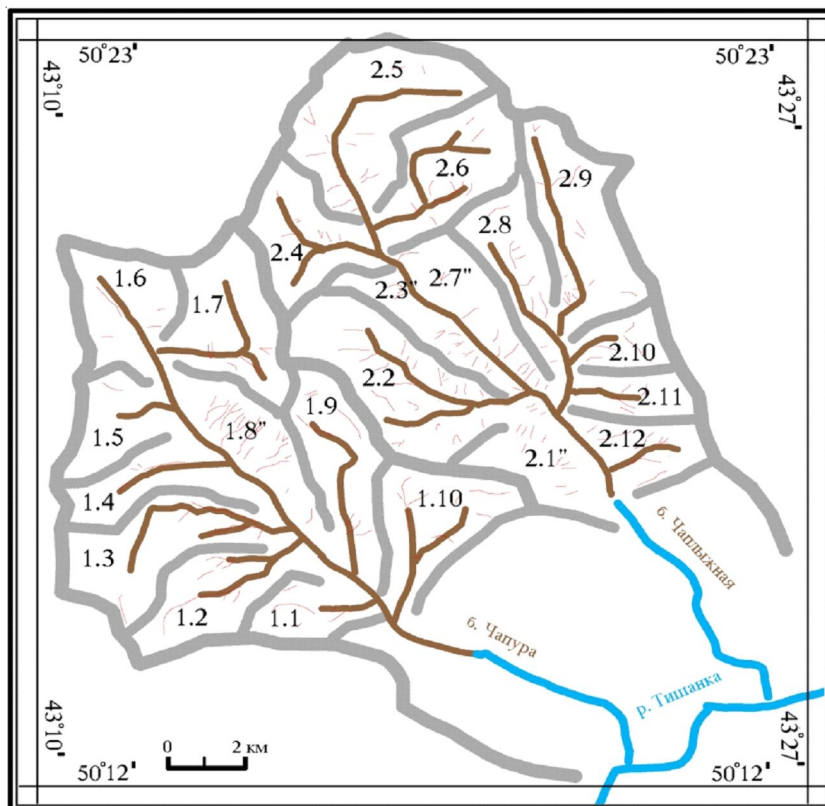


Рис. 4. Карта структуры водосборов полигона исследования \*

\* Составлено автором.

**Показатели эрозионного состояния лощинно-ложбинных водосборов региона исследования \***

№ водосбора	Лощинно-ложбинное расчленение, км/кв. км	Овражное расчленение, км/кв. км	Плотность вершин оврагов, шт./кв. км	Коэффициент напряженности оврагообразования **
1.1	1,21	0,58	1,0	0,48
1.2	1,48	0,65	0,8	0,44
1.3	1,06	0,50	0,4	0,47
1.4	0,64	0,27	0,5	0,43
1.5	0,53	0,11	0,2	0,20
1.6	0,98	0,27	0,5	0,28
1.7	0,89	0,28	0,5	0,31
1.8	1,76	1,41	2,4	0,80
1.9	1,24	0,49	0,7	0,39
1.10	1,00	0,58	0,8	0,58
2.1	0,86	0,54	1,3	0,62
2.2	1,51	0,62	1,4	0,41
2.3	1,26	0,74	2,4	0,59
2.4	0,72	0,26	0,9	0,36
2.5	0,92	0,42	0,9	0,46
2.6	0,99	0,41	0,7	0,42
2.7	0,98	0,76	2,0	0,78
2.8	1,47	0,62	1,1	0,42
2.9	1,14	0,45	0,9	0,39
2.10	1,50	0,81	1,3	0,54
2.11	0,96	0,48	0,9	0,50
2.12	1,62	0,94	1,2	0,58
Ср. знач.	1,12	0,55	1,0	0,48
Мин. знач.	0,53	0,11	0,2	0,20
Макс. знач.	1,76	1,41	2,4	0,80

\* Составлено автором.

\*\* Коэффициент напряженности оврагообразования равен отношению современного (овражного) расчленения к древнему (в данном случае лощинно-ложбинному).

Для принятия решений о необходимости проведения лесомелиоративных мероприятий важна и качественная характеристика эрозионных процессов. В ходе данного исследования установлено, что основной формой проявления эрозии на изучаемом полигоне являются промоины. Данная форма соответствует начальным стадиям развития эрозионного процесса. Она имеет свои морфологические и динамические особенности, которые позволяют утверждать, что на данный момент времени большая часть деградированных земель может быть рекультивирована и возвращена в сельскохозяйственный оборот.

Полученные материалы могут быть использованы для разработки планов адаптивно-ландшафтного обустройства хозяйств региона исследования, а методические разработки по картографированию и оценке почвенно-

эрозионного состояния территорий могут быть применены при исследовании ландшафтов аналогов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаршинев, Е. А. Формально-генетический анализ горизонталей (рельефа местности) в связи с контурным размещением противоэрозионных лесонасаждений / Е. А. Гаршинев // Лесомелиорация при контурном земледелии : сб. науч. тр. Вып. 93. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 1988. – 153 с.
2. Кулик, К. Н. Геоинформационное картографирование в агролесомелиорации / К. Н. Кулик, А. С. Рулев // Доклады РАСХН. – 2000. – № 1. – С. 42–43.
3. Козменко, А. С. Основы противоэрозионной мелиорации / А. С. Козменко. – М. : Сельхозгиз, 1954. – 423 с.

4. Курдюмов, Л. Д. Закономерности эрозионно-аккумулятивного процесса / Л. Д. Курдюмов. – Л. : Гидрометеониздат, 1977. – 128 с.

5. Применение аэрокосмических методов в агролесомелиорации : метод. рекомендации / К. Н. Кулик [и др.]. – М. : ВАСХНИЛ, 1991. – 56 с.

6. Тубалов, А. А. Применение ландшафтно-водосборного подхода при картографировании территории в целях ее адаптивно-ландшафтного обустройства / А. А. Тубалов // Стрежень : науч. ежегодник. – Вып. 6. – Волгоград : Издатель, 2008. – С. 61–66.

## ANALYSIS AND ASSESSMENT OF SOIL EROSION PROCESSES BASED ON THE USE OF COMPUTER TECHNOLOGY MAPPING

*A.A. Tubalov*

Research materials of the modern state of soil in agricultural areas, conducted through the application of remote sensing methods and accounting landscape-catchment structure of the territory are published in this article. The analyzed materials can serve as a basis for the differentiated approach in agroforestry melioration activities.

**Key words:** *soil erosion, remote sensing, geographic information technologies, catchment, agroforestry melioration.*