

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

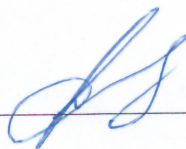
Кафедра геоморфологии
и геоэкологии

**Расчёт почвенных потерь от водной эрозии с помощью уравнения
Уишмейера-Смитта с применением ГИС-технологий
(на примере территории "ОПХ Юго-Востока")**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

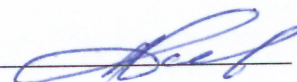
студента 4 курса 422 группы _____
направления (специальности) 05.03.02–География _____
_____ географического факультета _____
_____ Хайбрахманова Ильдара Ринатовича _____

Научный руководитель
старший преподаватель _____



А. В. Фёдоров _____

Зав. кафедрой
к.с-х.н., доцент _____



В. А. Гусев _____

Саратов 2017

Введение. Актуальность темы. Актуальнейшей проблемой экологии в современном мире является действие водной эрозии на почвенный покров, для решения которой в настоящее время отсутствует обобщенный научно-обоснованный подход. Научная проблема состоит в необходимости разработки обобщенной математической модели, либо моделей способных достоверно и с наименьшими погрешностями осуществить интерпретацию водно-эрозионного процесса в овражно-балочной сети и оценки экологической стабильности.

Водная эрозия является одним из основных экзогенных геоморфологических процессов участвующим в рельефообразовании на поверхности Земли. Трансформирующая и разрушительная сила эрозии способна изменять не только ландшафтные элементарные единицы, но и целые экосистемы. Её интенсивность с каждым годом стремительно растет и территорий охваченных действиями водной эрозии становится многократно больше.

Цель и задачи работы. Основной целью исследования заключалось в применении физико-статистической модели развития эрозии для прогнозирования потенциальных почвенных потерь на территории " ОПХ НИИ Юго-Востока" на основе ГИС-технологий.

Для достижения цели были поставлены задачи:

- рассмотрение и подробное раскрытие понятий эрозии, их видов, методов исследования водно-эрозионного процесса, меры защиты от эрозии;
- рассмотрение физико-статистической универсальной модели почвенных потерь Уишмейера-Смитта;
- сбор и рассмотрение картографического и статистического материала для расчетов среднегодовой потери почвы;
- создание на основе ГИС-технологий синтетической карты потенциальных почвенных потерь.

Фактический материал. Основными источниками для написания работы послужили: Заславский, М.Н. Эрозиоведение; Геоинформационные системы: применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач и учебное

пособие по гидрологии Савкин А.В., Федоров С.В.; Буряк, Ж.А. Особенности пространственной дифференциации рельефного фактора для оценки эрозионных потерь почвы в пределах водосборной площади.

А также использовались картографические ресурсы: OpenStreetMap (OSM), портал Bing. Ресурсы использовались для построения карт. Все программные обеспечения использовались в лаборатории геоинформатики и тематического картографирования географического факультета.

Структура и объем работы. Работа общим объемом 48 страниц состоит из введения, трёх разделов (1. Эрозия. Понятие эрозии. Эрозионные процессы; 2. Почвенные потери – как следствие проявления эрозии. Методы исследования почвенных потерь; 3. Составление комплекса карт для анализа почвенных потерь полей "ОПХ Юго-востока"), заключения, списка использованных источников (20 наименований) и восьми приложений.

Основное содержание работы.

1 Эрозия. Понятие эрозии. Эрозионные процессы. Эрозия (от лат. erosio – разъедание) – разрушение горных пород и почв поверхностными водными потоками и ветром, включающее в себя отрыв и вынос обломков материала и сопровождающееся их отложением. Эрозия это прежде всего не один процесс, а совокупность явлений происходящих на земной поверхности (Заславский, М.Н., 1983).

Эрозионные процессы - это явления, ведущие к разрушению горных пород и почв, равным образом обуславливаются как природными факторами геологического характера, ведущими к изменению поверхности Земли, так и антропогенными нагрузками на окружающую среду. Известно, что земная кора находится под влиянием внутренних и внешних сил. Первые приводят к образованию крупных форм рельефа — гор, вулканов, плоскогорий, глубоких впадин, в результате поднятия и опускания земной коры, вулканической деятельности. Вторые вызывают разрушение горных пород и образование осадочных материалов вторичного происхождения.

Эрозионные процессы делятся на две основных составляющие:

- во-первых, процессы водной эрозии;
- во-вторых, процессы связанные с разрушающим действием ветра.

Под водной эрозией понимают разрушение почв под действием временных водных потоков. Необходимым условием возникновения водной эрозии грунта является сток поверхностных вод или поверхностный сток. Различают три основных вида поверхностного стока и эрозии почв (таблица 1):

Таблица 1 – Взаимосвязь видов поверхностного стока и эрозии почв

Вид поверхностного стока	Вид эрозии почв
дождевой сток	дождевая эрозия (ливневая - при сильных дождях)
талый сток	эрозия при снеготаянии
сток поливной воды	ирригационная эрозия

Указанные виды эрозии различаются не только по источнику стока, но и по механизму процесса, а также по величине причиняемого ими ущерба. Эрозия при снеготаянии отличается меньшей выраженностью, но большей продолжительностью, чем дождевая эрозия.

Продолжительность процесса эрозии грунта при дождях гораздо меньше, чем при снеготаянии и измеряется минутами и часами, а количество смываемой грунта - больше. Оно может достигать десятков тонн на гектар. В этом случае количество смываемого грунта зависит не только от параметров водного потока, но и от параметров дождевых капель. Чем больше масса и скорость дождевой капли, тем больше ее кинетическая энергия и тем большие разрушения она причиняет почве. При ударе капли о почву происходит разрушение самой капли и некоторого очень небольшого объема грунта, с которым взаимодействует капля. Продукты разрушения разлетаются в стороны в виде брызг. Часть брызг попадает при этом не на поверхность грунта, а во временные водотоки (струйки, ручейки) и уносится ими. Таким образом, дождь способствует "нагрузению" потоков твердой фазой. Кроме того,

дождевые капли, попадая в поток, турбулизируют его и повышают его размывающую и транспортирующую способность (Комонов С.В., Комонова Е.Н., 2008).

Ирригационная эрозия, т.е. эрозия грунта при орошении, делится на подвиды в зависимости от способа орошения: эрозия при поливе напуском по бороздам, по полосам, по чекам; при дождевании (Комонов С.В., Комонова Е.Н., 2008).

По морфологическим признакам эрозионных форм различают:

- поверхностную эрозию, или смыв грунта;
- линейную эрозию, или размыв грунта.

Каждый из перечисленных видов эрозии может сопровождаться проявлением смыва или размыва грунта, но чаще всего – и того и другого, в зависимости от местоположения изучаемого участка на склоне.

Поверхностная эрозия, или смыв, в свою очередь делится на:

- плоскостную;
- струйчатую;
- береговую.

Интенсивность ветровой эрозии зависит:

- от скорости ветра;
- устойчивости грунта;
- наличия растительного покрова;
- особенностей рельефа;
- от других факторов.

2 Почвенные потери – как следствие проявления эрозии. Методы исследования почвенных потерь. Увеличение агрономической нагрузки на почвенный покров требует уделить модернизации управления земельными фондами и ресурсами, в частности, локальных и региональных мониторинговых наблюдений влияния водно-эрозионного процесса на состояние почвенного покрова.

Данная необходимость определяет направление поиска эффективных инструментов анализа и интерпретации большого объема пространственных данных о структурном строении почвенного покрова, факторах оказывающих непосредственное влияние на почвообразование и характере землепользования. Данная ситуация находит отражение в развитии ГИС-технологий, направленных на работу с географической пространственной информацией, хранимой в базах геоданных, а также усовершенствовании инструментов моделирования и дополнительных блоков модулей различных уровней сложности – создания комплексных, физически обоснованных моделей, анализирующих и в последствии прогнозирующих результаты воздействия природных и антропогенных процессов на состояние агроландшафта в каждой элементарной единице изучаемого пространства.

Моделирование водно-эрозионного процесса действующего на почвенный покров, является сложной и до конца не решенной проблемой.

Эмпирическая модель RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), разработанная Уишмеером и Смитом и дополненная Ренардом и Фостером, физико-статистическая модель среднемноголетнего ливневого смыва является простым математическим выражением, базирующимся на пяти основных факторах, определяющих интенсивность протекания водно-эрозионных процессов, что и обусловило ее выбор в качестве исходной в данном исследовании. Основываясь на эмпирических данных по более чем 8000 пунктов наблюдений в США, уравнение позволяет рассчитать среднегодовые почвенные потери со склона в сравнении со стандартной стоковой площадкой длиной 22,13 м и уклоном 9%. Дополненное универсальное уравнение потерь почвы от эрозии (RUSLE) имеет вид (Буряк Ж.А., 2015).

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P, \quad (1)$$

где A – потенциальный смыв почвы, т/га в год; R – фактор эродирующей способности дождей, K – фактор податливости почв эрозии,

L – фактор длины склона (безразмерный); S – фактор крутизны склона (безразмерный); C – фактор растительности и севооборота (безразмерный,

изменяющийся от 0 до 1); P – фактор эффективности противоэрозионных мероприятий (безразмерный, изменяющийся от 0 до 1).

3 Методика составления комплекса карт для анализа почвенных потерь полей "ОПХ Юго-востока". Для составления карты потенциальных почвенных потерь был построен алгоритм выполнения последовательных операций для получения корректных результатов в итоге исследования. Исходя из параметров уравнения Уишмейера-Смита были определены значения 6 требуемых для анализа переменных. Логическая структура исследования выглядит таким образом:

- 1) Цифровая модель рельефа (ЦМР). Создание гидрологически-корректной ЦМР.
- 2) Создание гипсометрической карты для наглядного представления сведений о рельефе;
- 3) Создание на основе ЦМР карты углов наклона земной поверхности;
- 4) Создание на основе ЦМР карты длин склонов;
- 5) Создание синтетической карты для получения LS фактора;
- 6) Методом интерполяции определение индекса эрозионной опасности дождя;
- 7) Получение и определение фактора эродруемости почв;
- 8) Оцифровка почвенной карты;
- 9) Определение механического состава каждого типа почв;
- 10) Определение почвозащитной способности растительности;
- 11) Получение синтетической карты потенциальной потери почв.

Создание гидрологически-корректной ЦМР. Создание исходной ЦМР осуществлялось в программе ArcGis 10.2.2 инструментом Топо в растр (Toro to raster) из модуля Пространственная аналитика (Spatial Analyst). Входными материалами для создания ЦМР послужили: горизонтали, точки высот, уточненная тальвежная сеть из космоснимков предоставленная учебной лабораторией геоинформатики и тематической картографии географического факультета, контуры оврагов, граница полученные с помощью оцифровки

топографической карты. На выходе инструмент создал гидрологически-корректную ЦМР с растровым разрешением пикселя 2×2 метра. Для оценки почвенных потерь с полей "ОПХ Юго-востока" была построена ЦМР на основе топографической карты масштабом 1:5 000 с уточнением по данным дистанционного зондирования.

Создание на основе ЦМР карты углов наклона земной поверхности. Из всех факторов рельефа, влияющих на эродированность почв, решающую роль играет уклон. Он определяет скорость движения, а, следовательно, кинетическую энергию водного потока, которая напрямую влияет на интенсивность отрыва почвенных частиц.

Создание на основе ЦМР карты длин склонов. Были рассчитаны количественные показатели для (L), с помощью инструмента Длина склона (Slope Length) модулем Гидрология (Hidrology). В результате анализа получили растр "Длина склонов"

Создание синтетической карты для получения LS фактора. Для вычисления пространственного распределения значений LS растры длин (L) и уклонов (S) были обработаны инструментом Калькулятор растров (Raster Calculator) в том же модуле Пространственная аналитика (Spatial Analyst), который позволяет совершать математические, логические и комбинированные операции с регулярными дискретными данными (Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М., 2000).

Получение и определение фактора эродруемости почв. Данная карта составлялась на основе почвенной карты масштабом 1:10 000 по которой были определены основные типы почв характерных для исследуемой территории. Для каждого типа почв по механическому составу были рассчитаны коэффициенты их эрозионной устойчивости.

- *Определение почвозащитной способности растительности.* Почвозащитная способность растительности определялась по таблицам рассчитанных Уишмейером-Смитом. По материалам ДЗЗ и эмпирическим

наблюдениям были определены основные типы растительности на исследуемой территории. Основными типами являлись :

- первый - на территории с древесной растительностью (клён, вяз, ясень);
- второй - злаковой и низкотравной растительностью (пшеница, рожь, мятлик луговой).

Для каждого из них были рассчитаны соответствующие коэффициенты.

У древесной растительности он принят за 0.1, а у злаковой и низкотравной 0.3.

Получение синтетической карты потенциальной потери почв. Для получения итогового результата требуется перемножить всю информацию с полученных растров между собой. Для этого в ArcGis в модуле Пространственная аналитика (Spatial analyst) инструментом Калькулятор растра (Raster Calculator) перемножаем растры по формуле (1).

После данной операции был получена новая синтетическая карта потенциальных почвенных потерь на территорию полей "ОПХ Юго-востока" (Рисунок1)

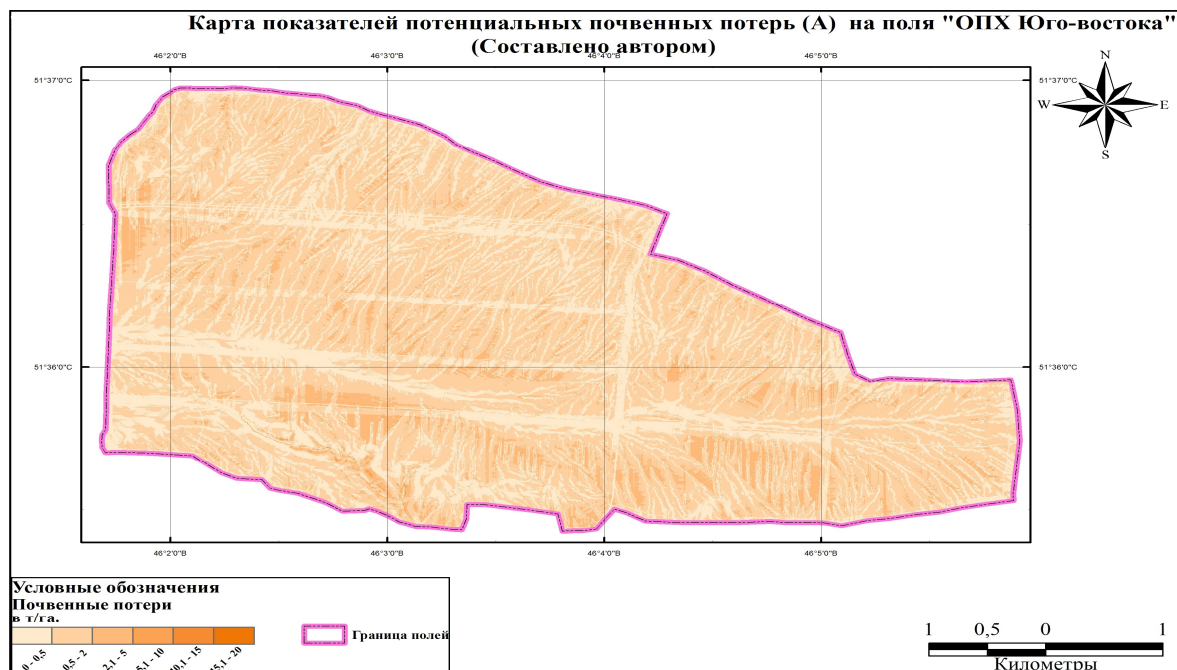


Рисунок 1 - Карта потенциальных почвенных потерь на территорию полей "ОПХ Юго-востока"

Закключение. На основании проведенного исследования были рассмотрены и раскрыты причины возникновения эрозии, механизмы взаимодействия водно-эрозионных процессов с рельефом, были рассмотрены факторы оказывающие непосредственное влияние на скорость и силу протекания эрозии, рассмотрена практическая состоятельность Универсального Уравнения Потери Почв(RUSLE) Уишмейера-Смита, был рассмотрен многочисленный, как по содержанию, так и по структуре картографический и статистический материал, использованный для составления карты потенциальных потерь почв и карты почвозащитных мероприятий, использование современного геоинформационного программного обеспечения позволило без рутинных операций обеспечить создание карт и проведение глубокого анализа с картографическим материалом.

Водно-эрозионный процесс очень изменчив и направления его воздействия трудно предугадать. Большое количество факторов влияющих на его механизм действия требует более глубокого его изучения. К моделированию водной эрозии требуется подходить комплексно, использовать новые научные методы его изучения.

Возможности современных программ геопространственного анализа и модулей гидрологического и пространственного анализа способствуют развитию данного направления.

Стоит непременно отметить практическую ценность полученных результатов. Главным образом карту потенциальных потерь почвы. Её актуальность и практическая ценность очень важны, так как её использование возможно в различных сферах ландшафтного и территориального планирования, сельскохозяйственного использования земель, почвенного мониторинга, геоморфологического прогнозирования. По результату данной карты можно производить планирование эффективных противоэрозионных мероприятий, тем самым сохранив устойчивое развитие экосистемы и соответственно самого человека как её звена.