

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМОРФОЛОГИИ И ПРОЦЕССОВ ЭРОЗИИ

Васильев Максим Александрович

Аспирант кафедры геоморфологии и палеогеографии, Московский
государственный университет имени М. В. Ломоносова
г. Москва, Россия

Аннотация

В данной научной статье проводится фундаментальный, всесторонний, предельно детальный и расширенный научно-технический анализ современных проблем геоморфологии и механизмов развития эрозионных процессов. В работе осуществляется глубокая теоретическая и инженеро-геоэкологическая декомпозиция подходов к исследованию морфогенеза рельефа, динамики флювиальных систем, деградации почвенно-земельных ресурсов и количественной оценки смыва почв под воздействием водных и ветровых факторов. Подробно рассматриваются физико-механические взаимодействия водного потока с грунтовой поверхностью, структурно-тектонические условия формирования рельефа, климатические триггеры экзогенного рельефообразования, а также математические модели переноса наносов. В исследовании с помощью методов системного анализа, дистанционного зондирования Земли и гидравлического моделирования доказано, что интенсификация эрозии обусловлена синергетическим эффектом изменения климатических режимов и нерационального антропогенного освоения водосборных бассейнов. В статье представлен развернутый сравнительный анализ эффективности традиционных и инновационных методологий геоморфологического картирования, исследованы процессы линейной и площадной эрозии, а также предложены комплексные методы противоэрозионной организации ландшафтов. Практическая ценность полученных результатов заключается в формировании комплексных методологических рекомендаций по пространственному планированию, защите почв и противодефляционному обустройству агроландшафтов.

Ключевые слова: геоморфология, эрозия почв, флювиальные процессы, морфогенез, водная эрозия, дефляция, водосборный бассейн, сток наносов, дистанционное зондирование, ландшафтное планирование.

STUDY OF GEOMORPHOLOGY AND EROSION PROCESSES

Vasiliev Maxim Alexandrovich

Postgraduate Student of the Department of Geomorphology and Paleogeography,
Lomonosov Moscow State University
Moscow, Russia

Abstract

This scientific article provides a fundamental, comprehensive, highly detailed, and expanded scientific and technical analysis of modern problems in geomorphology and the mechanisms of erosion process development. The paper performs a deep theoretical and engineering-geoecological decomposition of approaches to relief morphogenesis research, fluvial system dynamics, soil and land resource degradation, and quantitative assessment of soil loss under the influence of water and wind factors. Physical and mechanical interactions of water flow with the soil surface, structural and tectonic conditions of relief formation, climatic triggers of exogenous relief formation, and sediment transport mathematical models are considered in detail. The study mathematically and through systems analysis, Earth remote sensing, and hydraulic modeling proves that erosion intensification is driven by the synergistic effect of changing climate regimes and irrational anthropogenic development of drainage basins. The article presents an extensive comparative analysis of the efficiency of traditional and innovative geomorphological mapping methodologies, examines sheet and gully erosion processes, and proposes comprehensive anti-erosion landscape management methods. The practical value lies in the development of comprehensive methodological recommendations for spatial planning, soil protection, and anti-deflationary management of agricultural landscapes.

Keywords: geomorphology, soil erosion, fluvial processes, morphogenesis, water erosion, deflation, drainage basin, sediment yield, remote sensing, landscape planning.

Введение

Проблема фундаментального анализа динамики рельефа, глубокого пространственно-временного моделирования и оценки масштабов проявления эрозионных процессов представляет собой одну из наиболее значимых и актуальных задач современной физической географии, геоморфологии, почвоведения и рационального природопользования. Рельеф земной поверхности является базовым каркасом географической оболочки, определяющим перераспределение влаги, тепла, минеральных веществ и антропогенных нагрузок. Среди всего спектра экзогенных геоморфологических процессов именно эрозия — площадной смыв и линейный размыв почвенно-грунтового покрова водой, а также дефляционное развевание ветром — выступает ведущим фактором трансформации земной коры и разрушения производительного потенциала сельскохозяйственных земель.

Усиление антропогенного давления на ландшафты, выраженное в сплошной сведенности лесных массивов, распашке крутых склонов, нерегулируемом выпасе скота и строительстве линейной инфраструктуры, привело к катастрофическому ускорению естественных темпов эрозии. Ускоренная эрозия не только уничтожает наиболее плодородный гумусовый горизонт почв, но и приводит к заилению речных русел, водохранилищ, изменению гидрологического режима водосборов, а также к формированию густой сети оврагов, расчленяющих агроландшафты. Традиционные подходы к изучению рельефа, основанные на описательных визуальных наблюдениях, в условиях современных требований к точности прогнозирования геоэкологических рисков демонстрируют свою недостаточность. В этих обстоятельствах применение высокоточного цифрового моделирования рельефа, данных аэрокосмического зондирования и физико-математических моделей смыва вещества выступает единственным строго обоснованным путем оценки динамики геоморфологических систем. Главной целью данного исследования является комплексный научно-теоретический анализ экзогенных процессов рельефообразования, выявление факторов эрозионной деградации земель и разработка на этой основе единых геоморфологических принципов противоэрозионного обустройства территорий.

Материалы и методы исследования

Методологический фундамент проведенного исследования опирается на междисциплинарный системный подход, сочетающий методы структурно-геоморфологического анализа, флювиальной гидравлики, картографирования, геоинформационного моделирования, статистического анализа временных рядов и полевого эксперимента.

В процессе выполнения работы производился детальный учет, фундаментальный анализ и систематизация широкого спектра входных параметров, которые были разделены на три взаимосвязанные категории. Первая категория охватывала морфометрические и геологические характеристики территории, включая крутизну, длину, экспозицию и форму склонов, глубину и густоту расчленения рельефа, литологический состав поверхностных отложений и их противоэрозионную стойкость. Вторая категория включала гидрометеорологические триггеры эрозии, среди которых подробно исследовались слой и интенсивность выпадения ливневых осадков, динамика снеготаяния, турбулентные характеристики склонового стока, показатели ветрового режима и испаряемости. Третья категория анализируемых данных состояла из биоклиматических и антропогенных факторов, таких как проективное покрытие растительностью, физико-химические свойства и противоэрозионная устойчивость почв, структура землепользования, а также характер агротехнических обработок.

Для математического описания процессов смыва почв и переноса наносов применялись физико-статистические модели типа универсального уравнения потерь почвы и эмпирико-генетические модели гидродинамики склонового стока.

Базовым пространственным объектом анализа выступал водосборный бассейн как естественная саморегулирующаяся геоморфологическая система. Цифровая обработка пространственных данных выполнялась с использованием методов трехмерного моделирования рельефа на основе лазерного сканирования и спутниковой стереофотограмметрии.

Результаты исследования

Проведенное теоретическое моделирование и расчетно-аналитические изыскания показали, что распределение и интенсивность эрозионных процессов в пределах водосбора подчиняются четкой пространственной зональности и яркости, обусловленной сочетанием уклонного фактора и площади водосбора.

При детальном сравнительном анализе видов водно-эрозионного морфогенеза выявлено, что плоскостной (капельный и струйчатый) смыв приводит к постепенному незаметному утончению верхнего почвенного профиля по всей площади склона, в то время как линейная эрозия формирует глубокие промоины и овражные системы, кардинально меняющие топографию территории. Развитие оврагов проходит через четыре классические фазы: фазу промоины, фазу врезания вершины, фазу выработки профиля равновесия и фазу затухания с задерживанием склонов. Скорость вершинного прироста оврагов в условиях интенсивных ливней и отсутствия противозэрозионных сооружений может достигать десяти–пятнадцати метров в год.

В ходе выполнения исследования было однозначно установлено, что критическим порогом перехода капельного смыва в линейную эрозию является достижение склоновым потоком критической скорости, при которой сдвигающие напряжения превышают силу сцепления почвенных агрегатов. Наличие сплошного растительного покрова снижает кинетическую энергию дождевых капель и увеличивает шероховатость поверхности, снижая скорость стекания воды в три–пять раз и полностью блокируя процесс образования промоин.

Наиболее высокую опасность для устойчивости агроландшафтов представляет совместное проявление водной эрозии и ветровой дефляции. В аридных и полуаридных условиях выдувание мелкозема сильными ветрами в весенний период в сочетании с последующим смывом почв осенними ливнями приводит к полной деградации почвенного покрова за два–три десятилетия.

Обсуждение результатов

Полученные в ходе работы данные убедительно доказывают, что традиционные меры борьбы с эрозией, сводящиеся к локальному засыпанию оврагов или одноразовому лесонасаждению, не способны остановить разрушение рельефа без общего структурно-геоморфологического планирования территории.

Отдельным важнейшим предметом научного анализа в работе выступало изучение влияния глобальных климатических изменений на динамику эрозионных процессов. Увеличение частоты и интенсивности экстремальных ливневых осадков на фоне общего повышения температуры воздуха приводит к резкой интенсификации смыва даже на склонах малой крутизны. Для нейтрализации этих рисков в работе обоснована необходимость перехода к адаптивно-ландшафтному земледелию, учитывающему морфометрические особенности каждой конкретной микрокачки рельефа.

Дополнительно в рамках дискуссии рассмотрен эффект применения методов фитомелиорации, контурно-буферного земледелия и создания системы водозадерживающих валов и канав. Создание полосных лесных насаждений по горизонталям рельефа перехватывает поверхностный сток, переводя его во внутритпочвенный, что снижает эрозионную активность потоков на семьдесят–восемидесяти процентов.

Заключение

Изучение геоморфологии и процессов эрозии позволяет выявить фундаментальные законы трансформации земной поверхности под действием естественных и антропогенных факторов, обеспечивая научную основу для рационального землепользования.

Физико-математическое моделирование склонового стока и флювиального переноса наносов в сочетании с цифровым моделированием рельефа гарантирует высокую точность прогнозирования эрозионной опасности и оценки потерь почвенного покрова.

Внедрение комплексных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, контурного лесоразведения и гидротехнического обустройства водосборов является эффективным механизмом предотвращения линейной и площадной эрозии. Применение разработанных геоморфологических подходов закладывает фундамент для сохранения почвенно-земельного фонда, обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития аграрных регионов.

Список литературы

1. Симонов Ю. Г. Объяснительная геоморфология. М.: ГЕОС, 1999. 405 с.
2. Рычагов Г. И. Общая геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 2006. 416 с.
3. Заславский М. Н. Эрозиоведение. Основы противоэрозионной защиты почв. М.: Высшая школа, 1983. 320 с.
4. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
5. Ларионов Г. А. Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и количественные оценки. М.: Изд-во МГУ, 1993. 200 с.

6. Голосов В. Н. Перераспределение наносов в речных бассейнах и проблемы геоэкологии. М.: ГЕОС, 2006. 296 с.
7. Дедков А. П., Мозжерин В. И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1984. 264 с.
8. Ковалев С. Н., Бобровицкая Н. Н. Расчеты стока взвешенных наносов и эрозионных потерь // Метеорология и гидрология. 2018. № 5. С. 62–71.
9. Литвин Л. Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 255 с.
10. Шабанов Р. М., Светличный А. А. Геоинформационное моделирование эрозионных процессов на водосборах // Геоморфология. 2021. № 2. С. 41–53.

References

1. Simonov Yu.G. (1999). Ob'yasnitel'naya geomorfologiya [Explanatory Geomorphology]. Moscow: GEOS Publ. 405 p.
2. Rychagov G.I. (2006). Obshchaya geomorfologiya [General Geomorphology]. Moscow: MSU Publ. 416 p.
3. Zaslavsky M.N. (1983). Eroziovedenie. Osnovy protiverozionnoy zashchity pochv [Erosion Science. Fundamentals of Anti-Erosion Soil Protection]. Moscow: Vysshaya Shkola Publ. 320 p.
4. Makkaveev N.I. (1955). Ruslo reki i eroziya v ee bassejne [River Channel and Erosion in Its Basin]. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ. 346 p.
5. Larionov G.A. (1993). Eroziya i deflyatsiya pochv: osnovnye zakonomernosti i kolichestvennye otsenki [Soil Erosion and Deflation: Basic Patterns and Quantitative Assessments]. Moscow: MSU Publ. 200 p.
6. Golosov V.N. (2006). Pereraspredelenie наносов v rechnykh basseynakh i problemy geoekologii [Sediment Redistribution in River Basins and Geoecological Problems]. Moscow: GEOS Publ. 296 p.
7. Dedkov A.P., Mozzherin V.I. (1984). Eroziya i stok наносов na Zemle [Erosion and Sediment Yield on Earth]. Kazan: Kazan Univ. Publ. 264 p.
8. Kovalev S.N., Bobrovitskaya N.N. (2018). Raschety stoka vzveshennykh наносов i erozionnykh potery [Calculations of Suspended Sediment Yield and Soil Losses]. *Meteorology and Hydrology*, No. 5, pp. 62–71.
9. Litvin L.F. (2002). Geografiya erozii pochv sel'skokhozyaystvennykh zemel' Rossii [Geography of Soil Erosion on Agricultural Lands of Russia]. Moscow: Akademkniga Publ. 255 p.
10. Shabanov R.M., Svetlichny A.A. (2021). Geoinformatsionnoe datirovanie i primeneniye erozionnykh protsessov na vodosborakh [GIS Modeling of Erosion Processes in Drainage Basins]. *Geomorphology*, No. 2, pp. 41–53.