

Моделирование поверхностного стока с помощью модели SIMWE (SIMulated Water Erosion) в Красноборском лесничестве Архангельской области

**Авторы: Петровская А.Ю., Гасанов М.Э., Трегубова П. Н., Кедров А.В., Иванов А.Б.,
Пукальчик М.А.**

***Сколковский институт науки и технологий**

****Пермский государственный национальный исследовательский университет,
Пермь, Россия**

Актуализация данных о состоянии лесного фонда является приоритетной задачей для многих отраслей науки и государственного управления. Методы дистанционного зондирования позволяют значительно снизить затраты на проведение лесотаксационных мероприятий. Повысить качество таксации лесов позволит использование информации о почвенной влажности.

Почвенные условия определяют качество леса и породный состав деревьев. Повышенная почвенная влажность значительно влияет на скорость роста деревьев, а режимы влажности почвы демонстрируют сильную взаимосвязь с составом растительности. Однако, в задача моделирования поверхностного стока лесных участков осложняется из-за следующих факторов. Лесная растительность скрывает почвенный покров от прямого обзора спутников. Для карт влажности почвы полученных со спутников Moisture and Ocean Salinity (SMOS) and Soil Moisture Active Passive (SMAP) погрешность при густой растительности может превышать 50 %. Кроме того, на изменчивость влажности почвы существенное влияние оказывает подстилающие породы и уровень грунтовых вод. Эти данные в высоком разрешении недоступны для большинства лесных регионов.

Целью данного исследования является проведение гидрологического моделирование поверхностного и подповерхностного стока воды для выявления содержания влаги в почве и режима увлажнения почвы в условиях лесных экосистем.

В качестве входных данных использовались данные о высоте, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата, физические характеристики почвы из системы глобального цифрового картирования почв SoilGrids и исторической погоды их системы NASA POWER.

Модуль r.sim.water в ГИС GRASS является частью модели SIMWE, предложенной Mitas и Mitasova (1998). Он основан на моделировании методом Монте-Карло и приближении диффузионных волн дифференциальных уравнений Сен-Венана (Mitasova et al., 2004). Ключевые входные параметры для модуля r.sim.water включают цифровую модель рельефа, градиент потока воды (определяемый частными производными первого порядка карты высот), скорость поступления

осадков и коэффициент шероховатости поверхности Мэннинга. Продолжительность моделирования определяется количеством итераций. Количество итераций и размер сетки оказывают сильное влияние на скорость вычислений. Описанная модель позволяет оценить распределение глубин проникновения воды (м) и расхода воды ($\text{м}^3/\text{с}$).

Результаты

Для проведения моделирования была выбрана территория Красноборского лесничества в Архангельской области. Для территории лесничества была получена цифровая модель рельефа (ЦМР). Для задачи моделирования была выбрана ЦМР с пространственным разрешением 30 на 30 м для одного пикселя. В ходе исследования были проведены множественные симуляции для оценки параметров модели и выбора наилучших значений параметров. Вычисления проводились с использованием вычислительного кластера Сколтеха. Для моделирования летнего сезона осадков требовалось 8 часов и 16 ядер CPU.

В результате моделирования была получена карты распределения глубины проникновения воды и расхода воды для Красноборского лесничества. Полученные результаты были подтверждены данными ДЗЗ (Sentinel-2), при этом водоемы с открытой водой были смоделированы наиболее точно в сравнении с болотами. В дальнейшем, полученные карты будут использованы для повышения качества лесотаксации изучаемой территории. При наличии ЦМР рельефа и цифровой модели почв данный подход может существенно повысить точность лесотаксации, осуществляемой только на основе обработки данных ДЗЗ (Illarionova et al., 2021).

Mitas L., Mitsova H. Distributed soil erosion simulation for effective erosion prevention //Water resources research. – 1998. – V. 34. – №. 3. – P. 505-516.

Mitsova H. et al. Path sampling method for modeling overland water flow, sediment transport, and short term terrain evolution in Open Source GIS //Developments in Water Science. – Elsevier, 2004. – V. 55. – P. 1479-1490.

Illarionova, S., Trekin, A., Ignatiev, V., Oseledets, I. Neural-Based Hierarchical Approach for Detailed Dominant Forest Species Classification by Multispectral Satellite Imagery // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. – 2021. – V.14. – P.1810-1820