

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭРОЗИОННО-ОПАСНЫХ ЗЕМЕЛЬ В ДЕТАЛЬНОМ МАСШТАБЕ

Е.С. Фруль, А.Л. Киндеев

*Белорусский государственный университет,  
пр. Независимости 4, Минск, Беларусь, email: [zhenyafrul@yandex.ru](mailto:zhenyafrul@yandex.ru)*

Проанализирован опыт использования геоинформационных систем при анализе воздействия водной эрозии на почвенный покров. Изучены особенности проведения и обработки данных лидарной съемки. Применен геостатистический подход для исследования влажности почв на исследуемых участках. Построены картограммы влажности для каждого опытного участка и выявлена взаимосвязь между влажностью почвы и рельефом. Построена карта суммарного потенциального смыва почвы на опытном участке. Опираясь на материалы данного исследования, в дальнейшем можно будет оценивать влияние различных факторов на урожайность сельскохозяйственных культур. Также возможна перепланировка полей с учетом участков земель, сильно подверженных эрозии, и корректировка севооборотов с учетом всех факторов.

**Ключевые слова:** почвенный покров; геостатистика; вариограмма; влажность; рельеф; LIDAR; эрозия.

Исследование эрозионной деятельности является достаточно сложной задачей, так как на нее влияет большое количество факторов: эрозионная способность осадков, способность почвы к эрозии, наличие растительного покрова, длины, уклоны склонов. Такое разнообразие факторов, влияющих на эрозию, сильно усложняет ее моделирование для проведения точных расчетов. Гипотезой настоящего исследования выступила опасность деградации почвенного покрова, вызванная водной эрозией. В работе было рассмотрено большое количество работ зарубежных авторов, и главным выводом является то, что уникальные природные особенности территории не позволяют применять одну и ту же модель к различным регионам, поэтому стоит проблема разработки теоретических моделей в неисследованных регионах. Разнообразие моделей позволяет их применять как на больших территориях, так и на локальных участках.

Объектом исследования являются 5 опытных участков, заложенных на территории Барановичского района Брестской области. Для исследования был выбран именно этот район, так как в пределах него представлены ключевые особенности рельефа Новогрудской

возвышенности. При этом для почв данного района характерно значительное проявление эрозионных процессов.

Информация для исследования, была получена в ходе полевого исследования, в результате которой было отобрано 565 почвенных проб. С помощью лазерного сканирования были получены детальные цифровые модели рельефа для каждого опытного участка [2].

Воздушное лазерное сканирование (ВЛС), или лидарная съемка – достаточно новая технология, позволяющая создать цифровую модель объекта на основе облаков точек с определенными пространственными координатами. Для их получения используется лазерный сканер – LiDAR, который в процессе съемки записывает для каждой точки координаты (XYZ) и численный показатель интенсивности отраженного сигнала. Он зависит от свойств поверхности, на которую визируется лазерный луч.

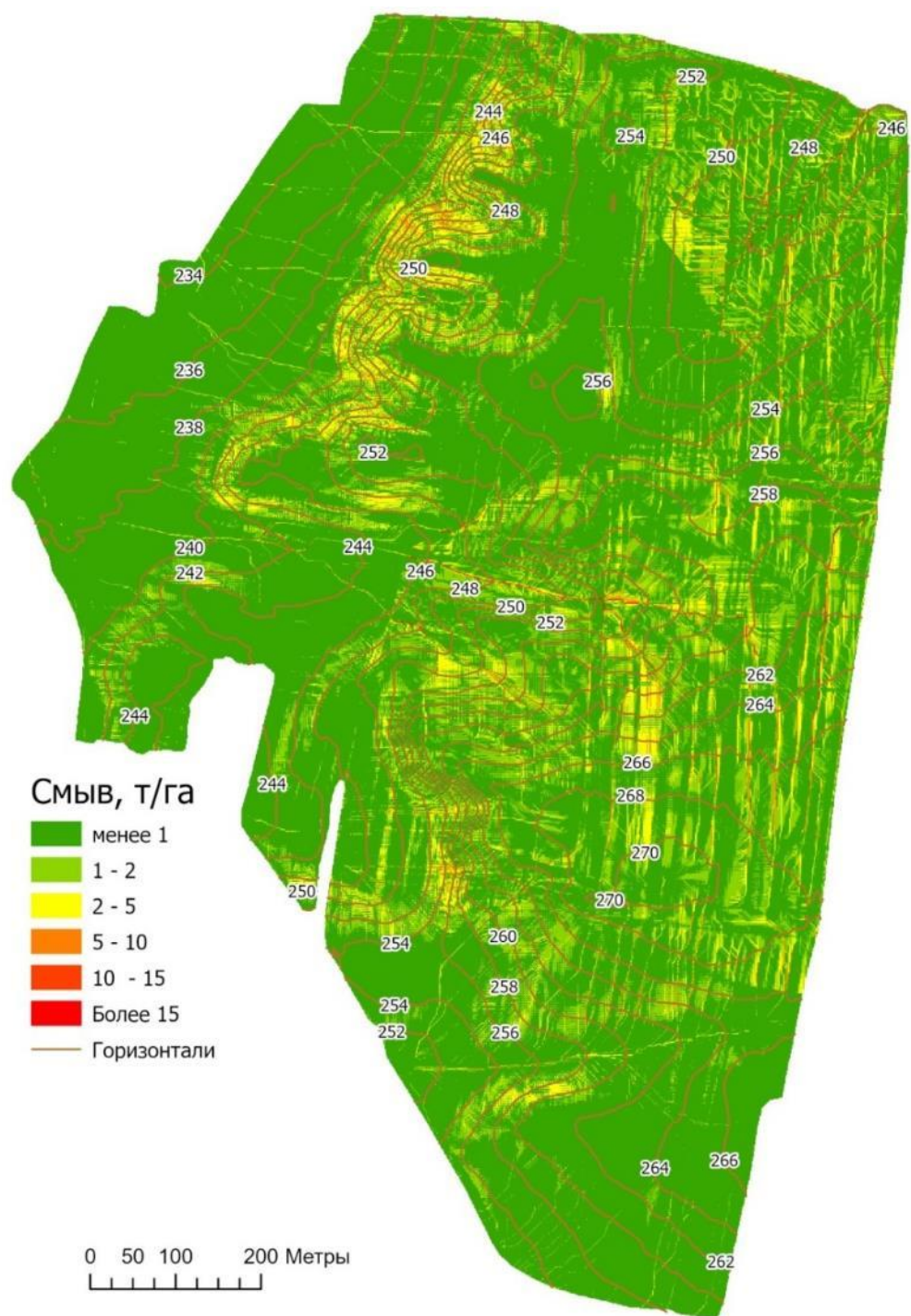
В ходе исследования были созданы картограммы влажности почвы, почвенная карта, а также карта суммарного потенциального смыва почвы. Для моделирования использовалось адаптированное к условиям Беларуси универсальное уравнение Уишмейра-Смита [1]. При составлении картограмм влажности использовались геостатистические методы [3].

Для моделирования и расчета суммарного потенциального смыва почвы был использован программный продукт ArcGIS Pro 3.0. В данном программном комплексе возможно представление информации в виде грида, что в свою очередь позволяет использовать функции картографической алгебры, а именно сложение и произведение ячеек растра.

Значение потенциального смыва почвы ( $A$ ) определяется суммой смыва, обусловленного ливневыми осадками ( $A_1$ ) и смыва под действием талых вод ( $A_2$ ), и описывается адаптированным к условиям Беларуси универсальным уравнением В.Х. Уишмейра и Д.Д. Смита:

$$A = A_1 + A_2 = R \cdot K \cdot L \cdot S + K \cdot h \cdot L \cdot S,$$

где  $A_1$  – смыв почвы ливневыми осадками, т/га в год;  $A_2$  – смыв почвы талыми водами;  $R$  – фактор осадков, выраженный через эрозионный индекс осадков;  $K$  – фактор почвы, выраженный через коэффициент противоэрозионной стойкости почвы;  $L$  – фактор длины склона, м;  $S$  – фактор уклона, °;  $h$  – слой склонового стока за период снеготаяния, мм.



Суммарный потенциальный смыв почвы

Главным выводом проведенного исследования служит то, что современные ГИС позволяют производить моделирование даже таких сложных природных процессов, как эрозия почв. А также использование геостатистики в почвенных исследованиях позволяет произвести математический анализ исследуемых явлений и подтвердить

правильность полученных выводов с помощью математических формул. Современное оборудование, а именно БПЛА, оснащенные лидаром, помогают в короткий срок получать точную цифровую модель рельефа местности при небольших трудозатратах.

### **Библиографические ссылки**

1. *Червань А. Н., Черныш А. Ф., Устинова А. М.* Геоинформационное моделирование в почвозащитной организации агроландшафтов Беларуси / Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2013. Випуск 44. С. 388–396.

2. Применение воздушного лазерного сканирования в археологических исследованиях на территории Беларуси / А. А. Сазонов [и др.] // ГИС-технологии в науках о Земле [Электронный ресурс] : материалы респ. науч.-практ. семинара студентов и молодых ученых, Минск, 16 нояб. 2022 г. Минск: БГУ, 2022. С. 283–287.

3. *Клебанович Н. В., Киндеев А. Л., Сазонов А. А.* Геостатистический анализ при картографировании пространственной неоднородности влажности и кислотности почв // Геосферные исследования. 2021. № 3. С. 80–91.