

**ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОСНОВЕ
СОЧЕТАНИЯ ЭРОЗИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И
ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ОТКРЫТОЙ
ПОВЕРХНОСТИ ПОЧВЫ НА КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКАХ
В ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

А.П. Жидкин, Д.В. Фомичева, Д.И. Рухович

Почвенный институт имени В.В. Докучаева, Москва, Россия, email: gidkin@mail.ru

Совершенствование эрозионных моделей и данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) дает новые возможности оценок текущей степени деградации почвенного покрова и прогноза рисков эрозии почв в будущем. Сопоставление различных подходов к оценкам эрозии почв позволило выявить, что в условиях высокой неоднородности почвенного покрова модель отражательной способности открытой поверхности почв в значительной степени применима для выделения разных типов почв, однако имеет ряд ограничений для оценки степени деградации почвенного покрова. В условиях относительно однородного почвенного покрова модель открытой поверхности почвы имеет высокий потенциал для диагностики степени деградации почвенного покрова от эрозии.

Ключевые слова: WaTEM/SEDEM; темпы эрозии почв; открытая поверхность почвы; содержание органического вещества; мощности гумусированной толщи.

Деградация почвенного покрова, снижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции во многих регионах России преимущественно обусловлены развитием эрозии почв. Несмотря на большие достижения в области эрозиоведения на сегодняшний день ощущается дефицит количественных данных о современных темпах эрозии почв и степени эродированности почвенного покрова. На сегодняшний день благодаря глобальному применению новых методов и подходов становится возможным получать новые количественные и качественные оценки интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов на разных масштабных уровнях.

Цель исследования заключалась в сопоставлении оценок эродированности почвенного покрова на основе эрозионных моделей и модели отражательной способности открытой поверхности почвы.

В качестве объекта исследования были выбраны сельскохозяйственные поля, располагающиеся в Мценском районе Орловской области и в Шебекинском районе Белгородской области.

Мценский участок расположен на границе лесной и лесостепной зон. Для участка исследования характерен неоднородный почвенный покров.

Почвы сменяются от светло-серых лесных к черноземам оподзоленным и выщелоченным. Шебекинский участок располагается в лесостепной зоне и имеет относительно однородный почвенный покров, представленный черноземами выщелоченными и черноземами типичными карбонатными.

Расчет ливневого смыва проводился по WaTEM/SEDEM [1]. Данная модель является пространственно-распределенной, то есть оценивает не только объем и темпы эрозии почв, но также позволяет моделировать пространственную структуру протекания эрозионно-аккумулятивных процессов, в отличие от многих других эрозионных моделей. Алгоритм расчета базируется на модифицированном универсальном уравнении смыва почв RUSLE. В качестве входных параметров эрозионной модели использовались величины эрозионного потенциала осадков и противоэрозионной устойчивости севооборотов из литературных источников. Коэффициент эродированности почв был рассчитан по результатам определения содержания органического углерода и гранулометрического состава пахотных горизонтов почв. Расчет эрозионных потерь почвы при талом смыве проводился с использованием модели Государственного гидрологического института, модифицированной Г.А. Ларионовым [2]. Расчетные темпы эрозионных потерь для Мценского участка представлены на рисунке 1А, для Шебекинского участка на рисунке 2А.

Модель отражательной способности открытой поверхности почвы была построена по авторской методике [3, 4, 5, 6]. На основе обработки большого количества (big data analyse) данных дистанционного зондирования. Результаты моделирования представлены на рисунке 1Б и 2Б.

В целом по Мценскому участку можно отметить довольно четкие различия между отражательной способностью светло-серых лесных почв и черноземов (рис. 1Б). На карте светло-серые лесные почвы тяготеют к участкам желто-красного цвета, средние значения отражательной способности открытой поверхности почв варьируют от 0,28 до 0,32. В то время как черноземы располагаются в основном на участках зеленого цвета и средние значения их отражательной способности изменяются от 0,18 до 0,21, серые- и темно-серые лесные почвы занимают промежуточное положение (рис. 1В). Модель отражательной способности открытой поверхности почвы также показывает высокую корреляцию с содержанием органического вещества в пахотных горизонтах почв.

Сравнительный экспертный анализ позволил обнаружить некоторую корреляцию между отражательной способностью открытой поверхности почвы и расчетными темпами смыва. Однако статистически для всего массива данных элементов регулярной сетки (пикселей растровой карты) с пространственным разрешением 30 м на Мценском участке данная взаи-

мосьвязь не подтверждается. Также в пределах Мценского участка не обнаруживается четкой зависимости между мощностью гумусированной толщи и отражательной способностью открытой поверхности почвы.

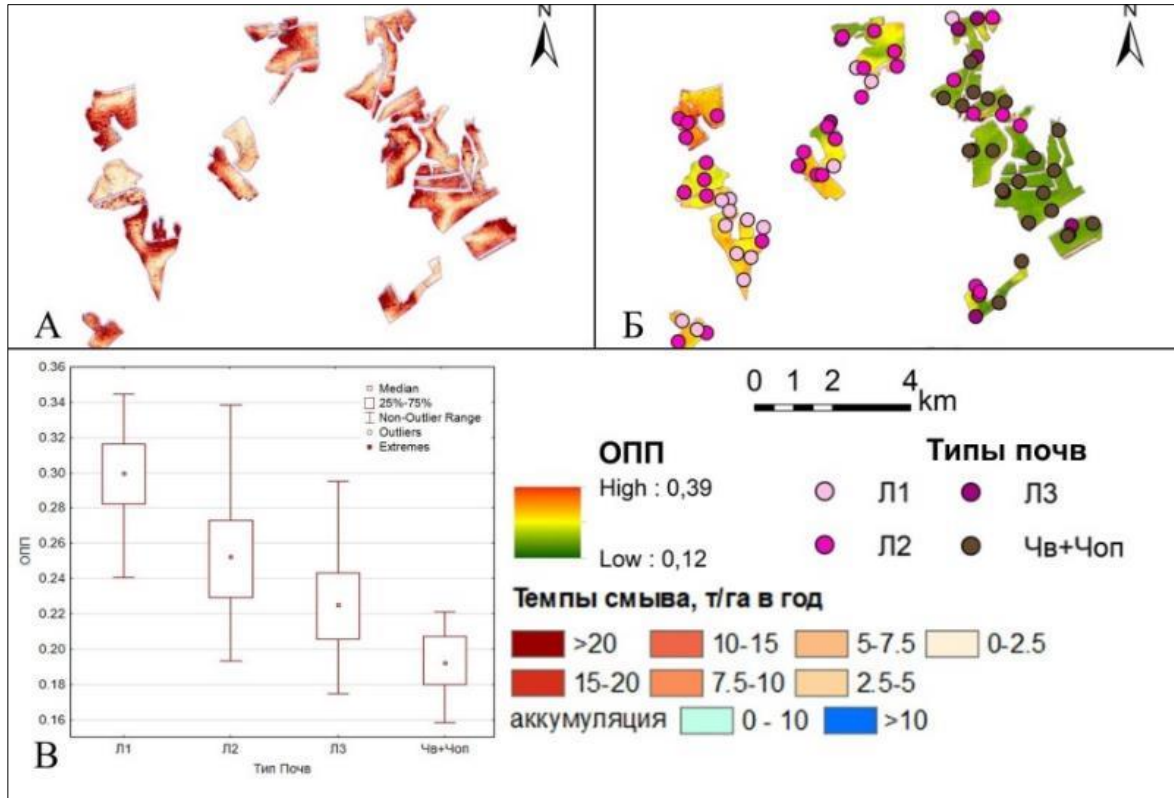


Рис. 1. Фрагмент карты расчетных темпов смыва/намыва почв Мценского участка (А); открытой поверхности почв (ОПП) Мценского участка с указанием подтипов почв в точках обследования; график значений ОПП Мценского участка для разных подтипов почв в 185 точках обследования (В)

На Шебекинском участке связь между отражательной способностью открытой поверхности почвы и расчетными темпами смыва выражена гораздо сильнее. Однако, при сравнение всего массива данных во всех пикселях растров статистически не было получено значимой зависимости. В ходе дальнейшего анализа выявлено, что связь между отражательной способностью открытой поверхности почвы и расчетными темпами смыва более заметно выражена на склонах южной и западной экспозиции. Вероятнее всего весомую роль играет экспозиционный эффект [7]. На склонах южной экспозиции активнее происходят процессы смыва, а процессы самовосстановления почвы и прироста гумусового горизонта ниже, чем на склонах северной экспозиции. Поэтому почвы на склонах южной экспозиции более эродированы и при этом больше подвержены риску смыва в относительно засушливых условиях южной лесостепи. Однако в ходе стати-

стической обработки данных высокой корреляции между значениями темпов смыва и отражательной способности почвы выявлено не было. При анализе полевых данных о степени эродированности почв было определено, что наиболее контрастные значений отражательной способности имеют среднесмытые и сильносмытые почвы (рис. 2В). Поэтому в дальнейшем анализе использовались значения отражательной способности почвы >0.195 и значения темпов эрозии >10 т/га в год. Для каждого поля было рассчитано долевое участие (по площади) пикселей с отражательной способностью >0.195 и пикселей с темпами эрозионных потерь >10 т/га в год. Таким образом, двумя независимыми методами была оценена доля площадей потенциально эродированных почв. Сравнительный анализ выявил количественную прямую статистически значимую связь между двумя данными показателями (рис. 2Г).

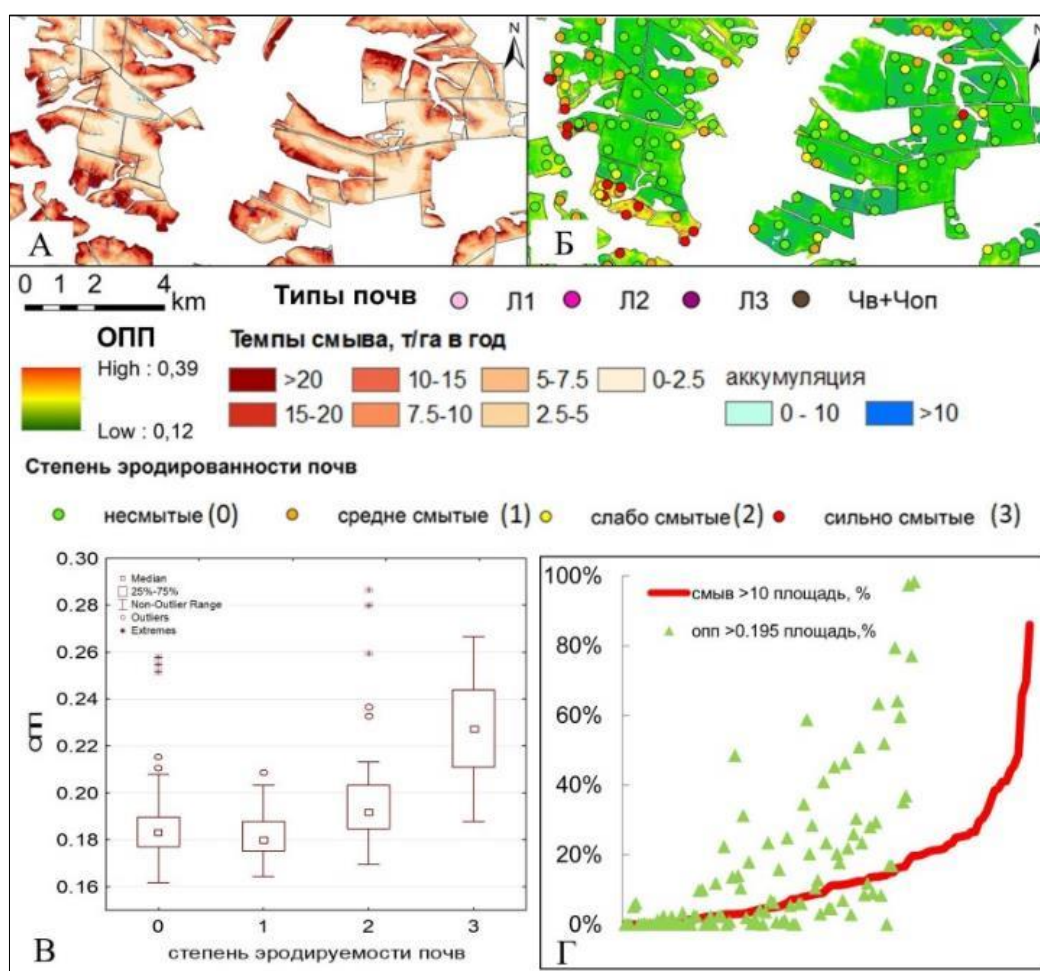


Рис. 2. Фрагмент карты расчетных темпов смыва/намыва Шебекинского участка (А); открытой поверхности почв (ОПП) Шебекинского участка (Б); график значений ОПП для почв разной степени эродированности в 344 точках полевого обследования (В); график долевого участия на полях потенциально эродированных почв по ОПП и расчетным темпам эрозии почв на склонах южной и западной экспозиции (Г).

Таким образом, в условиях относительно высокой степени таксономического разнообразия почвенного покрова модель отражательной способности открытой поверхности почв имеет высокий потенциал для картографирования типов и подтипов почв. Однако контрастный почвенный покров значительно осложняет использование данной модели для диагностики степени их эродированности.

В условиях относительно однородного почвенного покрова с доминированием черноземов модель открытой поверхности почвы имеет высокий потенциал для диагностики степени деградации почвенного покрова от водной эрозии, особенно на склонах южной и западной экспозиции.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 22–17-00071, <https://rscf.ru/project/22-17-00071/>).

Библиографические ссылки

1. *Van Rompaey A. J. J., Verstraeten G., Van Oost K., Govers G. & Poesen J.* Modelling mean annual sediment yield using a distributed approach // *Earth Surface Processes and Landforms*. 2001. Vol. 26. P. 1221–1236.

2. Методические указания по составлению крупномасштабных карт эрозионно-опасных земель для обоснования почвозащитных мер при внутрихозяйственном землеустройстве. 1996. М.: МГУ, 50 с.

3. *Королева П. В., Рухович Д. И., Рухович А. Д., Рухович Д. Д., Куляница А. Л., Трубников А. В., Калинина Н. В., Симакова М. С.* Местоположение открытой поверхности почвы и линии почвы в спектральном пространстве RED-NIR // *Почвоведение*. 2017. № 12. С. 1435–1446.

4. *Куляница А. Л., Рухович А. Д., Рухович Д. Д., Королева П. В., Рухович Д. И., Симакова М. С.* Применение кусочно-линейной аппроксимации спектральной окрестности линии почв для анализа качества нормализации материалов дистанционного зондирования // *Почвоведение*. 2017. № 4. С. 401–410.

5. *Рухович Д. И., Рухович А. Д., Рухович Д. Д., Симакова М. С., Куляница А. Л., Брызжев А. В., Королева П. В.* Информативность коэффициентов а и в линии почв для анализа материалов дистанционного зондирования // *Почвоведение*. 2016. № 8. С. 903–917.

6. *Рухович Д. И., Рухович А. Д., Рухович Д. Д., Симакова М. С., Куляница А. Л., Королева П. В.* Применение технологии спектральной окрестности линии почв для анализа интенсивности использования почвенного покрова в 1985–2014 гг. (на примере трех районов Тульской области) // *Почвоведение*. 2018. № 3. С. 357–371.

7. *Жидкин А. П., Геннадиев А. Н., Кошовский Т. С., Чендев Ю. Г.* Пространственно-временные параметры латеральной миграции твердофазного вещества почв (Белгородская область) // *Вестник Московского университета. Серия 5*. 2016. № 3. С. 9–17.