

УДК 528.88

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭРОЗИИ ПОЧВ НА МЕЛОВЫХ ПОРОДАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС – ТЕХНОЛОГИЙ

Тарасова Ю.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия (308000, Белгород, ул. Победы, 85) e-mail: necyulia@yandex.ru

Произведена корректировка эродированности почв по данным дистанционного зондирования Земли и литолого-прогнозной карте карбонатных пород верхнего мела с применением ГИС-технологий. Выделены новые очаги распространения сильносмытых почв на склонах Новооскольского района. Проведено почвенно-морфологический анализа рельефа Новооскольского района. В статье затронута проблема плоскостной эрозии, нерационального использования короткопрофильных почв на склонах выше 10°. Автором выявлена закономерность распространения эрозии почв на почвообразующих и подстилающих породах представленных плотными карбонатными породами (мел и мергель). Статья представляет интерес для специалистов в области природопользования, сельского хозяйства отдельных землепользователей и население муниципального образования в целом.

Ключевые слова: плоскостная эрозия, оценка эрозионного потенциала, сильносмытые почвы, корректировка эродированности почв, геоморфологический анализ территории, ареалы распространения близкого залегания мело-мергельных пород, восстановление почвенного плодородия, данные дистанционного зондирования Земли, геоинформационное моделирование, ГИС – технологии.

THE REGULARITIES OF DISTRIBUTION OF SOIL EROSION ON CHALK ROCK, APPLYING GIS – TECHNOLOGIES

Tarasova Y.V.

Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia (308000, Belgorod, 85 Victory street) e-mail: necyulia@yandex.ru

Correction is made of soil erosion on Earth remote sensing data and lithologic predictive map of the Upper Cretaceous carbonate rocks using GIS technology. Highlighted new centers spread silnosmytyh soils on slopes Novooskolskiy district. Conducted soil and morphological analysis relief Novooskolskiy district. In the article the problems of sheet erosion, waste korotkoprofilnyh soils on slopes greater than 10 °. Author revealed the patterns of distribution of soil erosion on soil-forming and bedrock submitted dense carbonate rocks (chalk and marl). Article is of interest to specialists in the field of natural resources, agriculture individual land users and the municipality population as a whole.

Keywords: sheet erosion, erosion potential assessment, silnosmytye soil, correction of soil erosion, geomorphological analysis of the territory, the area distribution of shallow chalk-marl rocks, restore soil fertility, Earth remote sensing data, GIS modeling, GIS - technology.

Введение

Эффективную работу современных геоинформационных систем (ГИС) трудно представить без технологий космического зондирования земной поверхности. Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) нашло широкое применение в геоинформационных технологиях как в связи с быстрым развитием и совершенствованием космической техники, так и с сокращением объема традиционных авиационных и наземных методов мониторинга [8].

Сельское хозяйство – одна из наиболее перспективных сфер для использования данных ДЗЗ [1].

Состояние и динамика использования пахотных земель является важным вопросом современной экологии и агроэкологии. Изменения в использовании пахотных земель ведут к

трансформациям микроклимата, ландшафта. Забрасывание пахотных земель, имеющее место в последние десятилетия практически на всей территории России, как правило, сопровождается их зарастанием древесно-кустарниковой растительностью или формированием пионерных группировок травянистой растительности. Нерациональное использование, связанное, например, с несоблюдением правил сельскохозяйственного севооборота, может приводить к несбалансированности продукции и почвообразовательного процессов, и, как следствие, к длительному снижению плодородия земель [5].

Основным источником данных о площадях смытых почв до сих пор служат материалы почвенного обследования 80-х годов прошлого века.

По данным дешифрирования аэрофотоснимков на территорию Белгородской области было установлено, что общая эродированность почвенного покрова за счет нарастания процесса эрозии за последние 30 лет увеличилась на 6% и может составлять 59,7% [3].

Территория Белгородчины является наиболее эродированной в ЦЧР, больше, чем в других областях, подвержена смыву и размыву почв. Склоновые типы местности, ливневый характер выпадения осадков, сравнительно слабая облесенность, высокая степень распаханности способствуют интенсивному проявлению эрозии. Слоны занимают более 72 % всей площади области, в том числе с крутизной более 3⁰ – 30% [6].

По результатам почвенной съемки эродированные почвы составляют 53,6% всей площади области, в том числе слабосмытых 34,6%, среднесмытых 12,6% и сильносмытых 5,6%. Наиболее эродированы почвы восточных и юго-восточных районов области, в которых смытые почвы занимают 60–63% площади, а в западных районах гораздо меньше – 27–40% [6].

С учетом отмеченных проблем перспективно широкое внедрение в сельскохозяйственное производство адаптивно-ландшафтной почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории, которая способствует резкому сокращению процессов эрозии почв [6].

По данным справочника «Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области» [6] на начало 2007 года эродированные сельскохозяйственные угодья на территории Новооскольского района составляют 64810 га (59% эродированных земель).

По данным Ахтырцева Б.П. и Соловиченко В.Д. (1984) эродированные земли составляют 53,9% всей площади Белгородской области. На территории Новооскольского района из общей площади почв 139 тыс. га эродированных почв 59,4%, из них несмытые – 40,6%, слабосмытые – 36,6%, среднесмытые – 15,1%, сильносмытые – 7,0%, развеиваемые – 0,7% [2].

Назрела необходимость наиболее точно, например, с помощью ГИС-технологий оценить масштабы развития эрозионных процессов на землях, широко распространенных на

территории Среднерусского Белогорья, где почвообразующими и подстилающими породами выступают плотные карбонатные породы (мел и мергель).

Цель исследования определить закономерности распространения эрозии почв на меловых породах для научно-обоснованных решений по почвозащитному обустройству агроландшафтов (на примере территории Новооскольского района).

В процессе работы решали следующие задачи:

- 1) выявление участков сильносмытых почв по единой растровой карте почвенного покрова, литолого-прогнозной карте карбонатных пород верхнего мела;
- 2) корректировка эродированности почв по данным дистанционного зондирования Земли с применением ГИС – технологий;
- 3) проведение геоморфологического анализа для оценки эрозионного потенциала Новооскольского района.

Методы исследования

Тематическая картография является мощным средством анализа и наглядного представления данных. Она позволяет сопоставлять атрибутивные данные с графическими образами на карте, что способствует определению тенденций и взаимозависимости данных, которые порой очень трудно обнаружить с помощью табличного представления. Тематическими картами называются карты, объекты на которых выделены графическими средствами в зависимости от сопоставленных им значений.

В ArcGIS тематические карты создают путем присвоения графическим объектам цветов, штриховок и размеров символов, согласно значению соответствующему им в таблице. Столбчатые и круговые диаграммы позволяют сравнивать несколько видов данных одновременно.

Для расчета оценки эрозионного потенциала земель можно использовать приложение ArcMap рабочей среды ArcGIS. Поставляемый вместе с ArcMap модуль Spatial Analyst включает широкий диапазон мощных инструментов моделирования и анализа растров и пространственных объектов. Его возможности создавать, делать запросы, картографировать и анализировать основанные на ячейках растровые данные позволили нам произвести оценку эрозионного потенциала территории. Так же возможно использование наборов инструментов «Конвертация», «Управление данными», «3D Analyst».

В процессе нашего исследования построение геоморфологических карт происходило в несколько этапов:

1. сканирование почвенных карт масштаба 1:10000 на территорию Новооскольского района. Привязка 28 растровых копий почвенных карт района и создание единой растровой карты почвенного покрова;

2. сканирование и привязка литолого-прогнозной карты карбонатных пород верхнего мела масштаба 1:200000, разработанной в комитете Российской Федерации по геологии и использованию недр (Центральном региональном геологическом центре) в 1994 г.;

3. векторизация рельефа местности с присвоением высотных отметок в ArcGIS по топографической карте М 1:10000 с сечением рельефа 2,5м;

4. для уточнения местоположения оврагов, промоин, рек, озер дополнительно были прорисованы линии тальвегов, проставлены точки урезов воды, береговым линиям водоемов присваиваются значения урезов воды;

5. по полученным данным создан GRID (регулярная ячеистая сеть), используя инструмент ТороToRaster. Разрешение цифровой модели рельефа (ЦМР) задается 5×5м;

6. построение морфометрических карт (карты уклона местности, экспозиции, длины линии стока) осуществляли с использованием панели инструментов Spatial Analyst (Aspect, Slope);

7. перевод по известной формуле значений карт уклонов и экспозиций из градусов в радианы для дальнейших расчетов (для такого пересчета необходимо воспользоваться инструментом «Калькулятор Раstra», который производит расчеты с ячейками как с матрицей чисел);

8. нанесение ареалов сильносмытых почв по единой растровой карте почвенного покрова, литолого-прогнозной карте карбонатных пород верхнего мела и результатам визуального дешифрирования космических снимков со спутника Landsat за сентябрь 1994 г.

В нашем исследовании первый этап работы является важным и трудоемким, так как распространенной ошибкой при создании баз данных на основе традиционных бумажных материалов на марлевой основе является пренебрежение ошибками, возникающими на стыках (сдвиг, отсутствие изображения) отдельных листов. Создание единой карты почвенного покрова из материалов на марлевой основе дает среднеквадратическую погрешность в определении почвенных контуров относительно их истинного положения на картографическом материале порядка 200 метров, что является недопустимым для определения ареалов сильносмытых почв на исследуемой территории.

После окончания работ возникла необходимость объединения отдельных участков формата А4 хозяйств в единую почвенную карту Новооскольского района масштаба 1:10000. Указанная задача была успешно реализована в программном комплексе Spotlight Pro 10. Единая почвенная карта сохранена в растровом формате GeoTiff, имеет координатную привязку в системе координат СК-42, разрешение 300 DPI.

Программный комплекс Spotlight Pro 10 позволяет производить коррекцию геометрических искажений, калибровку (применимую для устранения произвольных (линейных и нелинейных) искажений растровых изображений), цветокоррекцию и цветную фильтрацию,

векторное редактирование, трассировку, полуавтоматическую векторизацию, растеризацию (процесс перевода векторной графики в нередактируемое раcтровое изображение) и т.д.

Исходными данными для построения ЦМР являлись тщательно оцифрованные горизонтали, высотные отметки и тальвеги топографической карты Новооскольского района с основным сечением горизонталей через 2,5 м. Поэтому третий этап – векторизация, является трудоемкой и необходимой для проведения геоморфологического исследования территории Новооскольского района. Под цифровой моделью рельефа (ЦМР) принято понимать средство цифрового представления трехмерных пространственных объектов (поверхностных, или рельефа) в виде трехмерных данных, образующих множество отметок высот или глубин, а также иных значений аппликат (координаты Z) в узлах регулярной или нерегулярной сетки, либо совокупность записей изолиний (изогипс, изобат) или иных изолиний [4].

Автором был выполнен геоморфологический анализ территории Новооскольского района. Созданы тематические карты уклона местности, экспозиции, длин линий стока воды. Для разработки карт уклона местности и экспозиции склона использовано приложение *ArcMap* с помощью набора инструментов *ArcToolbox*, а именно *Spatial Analyst*. Создание растра направления стока осуществляется с помощью набора инструментов *ArcToolbox* а именно *Spatial Analyst* во вкладке *Гидрология* набором *Направление стока (Flow Direction)*. Построенные данные использованы при выполнении растра длины линии стока, имеющегося во вкладке *Гидрология*, набором *Длина линии стока (Flow Length)*.

Развитие технологий дистанционного зондирования привело к расширению возможностей по оперативному глобальному наблюдению окружающей среды [5]. В нашем исследовании глобализация заключается в ведении контроля за землепользователями и соблюдении правил сельскохозяйственного севооборота для предотвращения снижения плодородия земель.

Использование космических снимков для мониторинга структуры почвенного покрова и ее изменений позволяет сократить время создания инвентаризационных карт, повысить их детальность и точность, уменьшить расходование средств на проведении наземных обследований [10].

Результаты и обсуждение

Основой для создания единой почвенной карты Новооскольского района являлись почвенные карты 15 хозяйств Новооскольского района. Этот картографический материал подготовлен в результате почвенного обследования, выполненного Белгородским филиалом института ЦЧОГипрозвем в 1982 году, и содержит на данный момент наиболее полную информацию о почвенном покрове Новооскольского района.

Выполнив склеивание и привязку исходных почвенных карт, была получена мозаика из 310 листов формата А4 (на 15 бывших агрохозяйств Новооскольского района). На основе единой почвенной карты хозяйств 1982 года Новооскольского района масштаба 1:10000 нанесены ареалы сильносмытых почв. Участки выделены в среде *ArcMap* площадь, которых составила 8128 га, всего по почвенным картам определено 535 ареала (см. рис. 1).

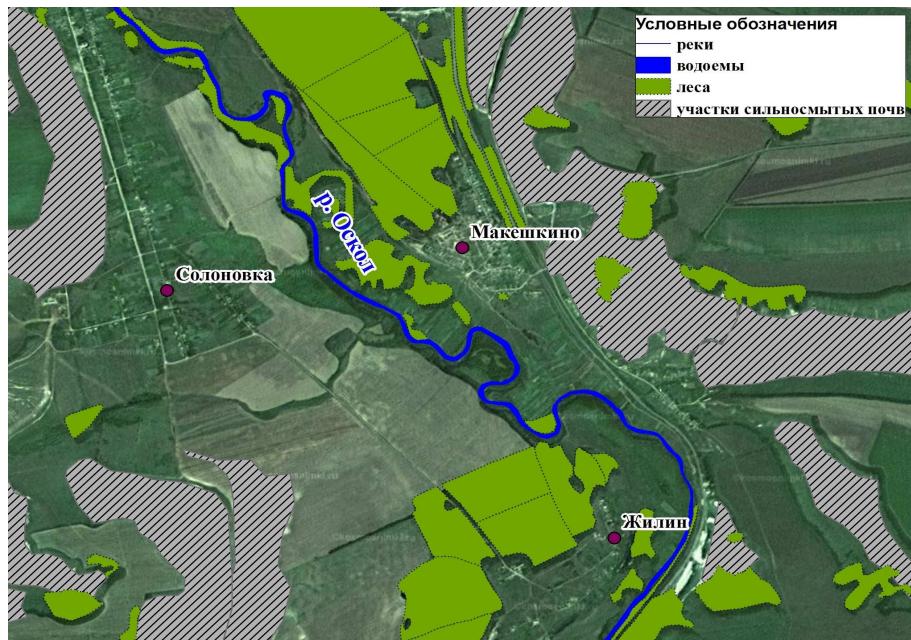


Рис. 1. Фрагмент участков сильносмытых почв на территории Новооскольского района

Литолого-прогнозная карта карбонатных пород верхнего мела позволяет вычленить в ареалах распространения сильносмытых почв те, которые сформированы на меломергельных породах, либо выходы карбонатных пород на дневную поверхность. Полученные результаты использованы для проведения статистического анализа ареалов сильносмытых почв.

Как отмечено ранее Ф.Н. Мильковым [9], меловая система в пределах Среднерусского Белогорья получила практически повсеместное распространение. На всей территории Новооскольского района площадь распространения мела и мергеля с глубиной залегания кровли до 20-25 м составила 58629 га. Прогнозные площади распространения мела и мергеля с глубиной залегания кровли 10-15 м оценены в 15493 га. Это составляет 53% от общей площади Новооскольского района (74122 га). На космическом снимке 2012 года площадь выделенных участков сильносмытых почв, расположенных в ареалах распространения мела и мергеля с глубиной залегания до 20–25 м, составила 4686 га, а на прогнозированных ареалах распространения мела с глубиной залегания до 10–15 м – 810 га.



Рис. 2. Фрагмент распространения участков сильносмытых почв на плотных породах

Дальнейшее исследование заключается в сопоставлении выделенных ареалов сильносмытых почв с данными полученными по космическим снимкам со спутника Landsat за сентябрь 1994 года. Площадь ареалов выделенных сильносмытых почв, распространенных в зонах залегания мела на глубине до 20-25 м, составляет 4201 га, а на глубине до 10-15 м – 781 га. Таким образом, площадь сильносмытых почв, в пределах распространения мела, можно оценить в 4982 га, тогда как площадь тех же участков сильносмытых почв, выделенных по космическому снимку 2012 года, - 5496 га. Это означает, что за последние 20 лет ареалы распространения сильносмытых почв увеличились на 9% (514 га).

Данное утверждение автора можно объяснить тем, что за последние 20 лет на почвах Новооскольского района в условиях интенсивного земледелия, при насыщенности севооборотов пропашными культурами, наблюдается деградация почвенного покрова. В связи с развитием рыночных отношений в стране, на территории Новооскольского района увеличилось число землепользователей, что и обусловило резкий рост распаханных земель за счет сведения лесов, сокращения площади сенокосов и пастбищ, вовлечения в сельскохозяйственный оборот новых земель, в том числе овражно-балочного комплекса.

При дешифрировании эрозионных процессов на космических снимках особенностью является непостоянство яркостных характеристик в различных участках изображения, которое возникает в результате выхода на поверхность почвообразующих пород. В этом случае характер кривой спектрального отражения меняется. Для большинства типов почв с нормально развитым генетическим профилем эти изменения влияют на интенсивность изображения. В почвах с резко дифференцированным генетическим профилем, или, если темпы

эрозии экстремальные и степень эродированности сильная и очень сильная, изменениям величин интегрального отражения сопутствуют изменения тональности окраски [7].

Процессы водной эрозии почвы при малом смыве довольно хорошо дешифрируются на снимках, полученных в летний период. В этом случае по направлению линий тока воды наблюдается увеличение яркости изображения, что соответствует увеличению биомассы растительности по водородным. На весенних снимках эти участки имеют более низкие значения яркости из-за избыточного увлажнения. В этот период очень хорошо дешифрируются сильноэродированные почвы, хотя смыва до нижних, более светлых горизонтов, не наблюдается, а также поверхностная эрозия [7].

В результате геоморфологического анализа, автором выявлена важная географическая закономерность: участки сильносмытых почв в наибольшей мере приурочены к склонам южной экспозиции с уклонами более 10° , реже они встречаются на склонах восточной экспозиции с уклоном 0° - 3° . На основе литолого-прогнозной карты карбонатных пород верхнего мела установлено, что глубина близкого залегания мело-мергельных пород возрастает к югу Новооскольского района. Так еще Ф.Н. Мильковым было установлено, что мощность мело-мергельных пород меловой системы возрастает к юго-западу и югу Среднерусского Белогорья [9]. Это связано с тем, что меловые породы туронского яруса залегают на наклонной поверхности. В связи с этим мощность их в пределах Среднерусского Белогорья неодинакова. Она возрастает в юго-западном направлении от нескольких метров на севере до 150 м на юге (бассейн верховья р. Северский Донец) [9].

В ходе построения карты длин линий стока, автором выявлено, что расстояние от водораздела до границы сильносмытых почв обычно не превышает 300 м. Таким образом, следует отметить, что распространение сильносмытых почв наблюдается даже на коротких склонах, на них чаще всего происходят эрозионные процессы из-за отсутствия зоны аккумуляции.

В результате проведения почвенно-морфологического анализа автором выявлено, что на территории Новооскольского района сильносмытые почвы чаще всего встречаются на балочных черноземах остаточно-карбонатных. Почвообразующей породой на данных участках выступает элювий мела – легко эродируемая порода со слабой связностью.

Выводы по полученным результатам

На основе единой растровой карты почвенного покрова, литолого-прогнозной карте карбонатных пород верхнего мела нами выявлены ареалы распространения сильносмытых почв на территории Новооскольского района. Территория Новооскольского района уникальна в связи с распространением короткопрофильных почв, в основном образованных на элювии мела. Граница сильносмытых почв чаще всего встречается на коротких склонах, так как эрози-

онный потенциал исследуемой территории отражает глубину и скорость потока, эродирующего почву. Сильносмытые почвы различного гранулометрического состава представлены на склонах южной экспозиции с крутизной более 10°.

В ходе дешифрирования выявленные ареалы сильносмытых почв расположены по территории Новооскольского района неравномерно, часто приурочены к прибрежным частям склонов с уклоном более 10°, с очевидными выходами мело-мергельных пород на дневную поверхность.

Автором были уточнены границы распространения сильносмытых почв на плотных породах, на основе космического снимка со спутника Landsat 1994 года и космического снимка 2012 года. На территории Новооскольского района в связи с интенсивным развитием сельского хозяйства за последние 20 лет наблюдается увеличение площади сильносмытых почв на 9% от общей площади пашни. Данные почвы необходимо выводить из сельскохозяйственного оборота и перевести в режим естественного восстановления. Полученные результаты могут быть использованы для проведения мероприятий по рациональному землепользованию, уменьшению поверхностной эрозии почв и восстановлению почвенного плодородия.

Работа выполнена при поддержке внутривузовского гранта ВКАС – 14–13.

Список литературы

1. Абросимов, А.В. Перспективы применения данных дистанционного зондирования Земли из космоса для повышения эффективности сельского хозяйства в России [Текст] / А.В. Абросимов, Б.А. Дворкин // Пространственные данные, 2008 - №4. – С.28-31.
2. Ахтырцев, Б.П. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование [Текст] / Б.П. Ахтырцев, В.Д. Соловиченко. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 268с.
3. Лисецкий, Ф.Н. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки [Текст] / Ф.Н. Лисецкий, Л.В. Марциневская // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2009 – №10. – С.39-43.
4. Морфология рельефа / Под ред. Г.Ф. Уфимцев, Д.А. Тимофеев, Ю.Г. Симонов и др. – М.: Научный мир, 2004. – 184с.
5. Нейштадт, И.А. Методы обработки данных спутниковых наблюдений MODIS для мониторинга пахотных земель [Текст] : дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук : 25.00.34 : М., 2007. – 162 с. – Библиогр.: с. 143–152.

6. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / Под ред. С.В. Лукина. – Белгород, 2007. – 556 с.
7. Проект восстановление естественного природопользования на территории Новооскольского района: отчет о НИР (итоговый): ФРЦ НИУ БелГУ; рук. Чепелев О.А.; исполн.: Лисецкий Ф.Н. и др. – Белгород, 2012. - 143 с. – государственный контракт от 09 октября 2012 №12.
8. Самардак, А.С. Геоинформационные системы [Текст] / А.С. Самардак. – Владивосток.: ТИДОТ ДВГУ, 2005. – 124 с.
9. Среднерусское Белогорье / Под ред. Ф.Н. Милькова и др. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1985. – 239 с.
10. Украинский, П.А. Оценка земель сельскохозяйственного назначения по показателям плодородия для дистанционного мониторинга (на примере Белгородской области) [Текст] : дис. на соискание ученой степени канд. геогр. наук : 25.00.26 : Белгород, 2011. – 178 с. - Библиогр.: с. 142–162.

Рецензенты:

Лисецкий Ф.Н., д.г.н., профессор, директор Федерально-регионального центра аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород.

Голеусов П.В., д.г.н., доцент кафедры природоведения и земельного кадастра ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г.Белгород.