



УДК 631.471

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АГРОЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО ПРИВОЛЖЬЯ¹

**Н.П. Канатьева¹,
Ф.Н. Лисецкий²,
П.А. Украинский²**

¹ Арзамасский филиал
Нижегородского государственного
университета
им. Н.И. Лобачевского, Россия,
607220, г. Арзамас, ул. К. Маркса, 36

² Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет, Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: arpz@mail.ru;
ukrainski@bsu.edu.ru

Проведена оценка влияния рельефа на функционирование агроландшафтов региона. Определено значительное влияние показателя эрозионного потенциала рельефа на территориальную дифференциацию процессов трансформации пашни. Применение методов геоинформационного картографирования обеспечивает точность пространственного анализа основных морфометрических показателей и позволяет применить полученные результаты в агроэкологическом районировании.

Ключевые слова: агроландшафт, эрозионный потенциал рельефа, геоинформационное картографирование, районирование.

Введение

Кризисное состояние, установившееся в сфере сельскохозяйственного производства, сопровождалось трансформацией системы землепользования и прогрессирующим почвенно-деградационными процессами. Их регулирование и формирование экологически устойчивых ландшафтов определяет необходимость в экологическом каркасе территории на региональном уровне. Решение этой задачи должно быть основано на методе агроэкологического районирования – одного из компонентов адаптивно-ландшафтного земледелия. Такой подход заключается в выделении территорий, однородных по основным факторам – условиям, влияющим на главный показатель качества почвы – почвенное плодородие.

Среди всех факторов почвообразования, рельефу принадлежит ведущее значение в направленности многих естественных процессов [1] и мозаичности их сочетания. Это определяет закономерную территориальную организацию пространства, а морфометрические характеристики рельефа могут выступать в качестве индикатора экологически значимых компонентов ландшафта [2, 3]. Это объясняет широкое применение качественной и количественной информации о рельефе в науках о Земле [4]. Применение методов геоинформационного картографирования позволяет определять количественные показатели рельефа достаточно быстро и легко при обеспечении необходимой точности и объективности пространственного анализа [5]. На сегодняшний день в ГИС-технологиях представлены многочисленные алгоритмы для определения основных или базовых морфометрических показателей, применяемых в геоморфологических исследованиях [6]. При этом в зарубежных [7 и др.] и отечественных [8 и др.] работах применяются различные комбинации морфометрических факторов-предикторов: уклон, экспозиция, система тальвегов, теплообеспеченность, индекс влажности и др. Если оценка эрозионной опасности территории выполняется с целью оптимизации использования ее земельных ресурсов, то объектом оценки выступает потенциальная интенсивность эрозионных процессов в данных климатических и почвенно-геоморфологических условиях, а субъектом – природная или природно-хозяйственная территориальная система соответствующего ранга, а точнее, ее резистентные способности по отношению к деструктивному проявлению эрозионных процессов [9].

Цель работы состояла в оценке влияния морфометрических характеристик рельефа на функционирование агроландшафтов с использованием современных методов геоинформационного картографирования.

¹ Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 13-05-90734.



Объект и методы исследований

Исследования проведены в пределах Починковского района Нижегородской области, занимающего левобережье среднего течения Алатыря и бассейны его правых притоков – Рудни и Ирести. Геоморфологически территория относится к Сурско-Пьянскому микрорайону Горьковско-Казанского Северного Приволжья с эрозионно-денудационным крупно холмисто-увалистым рельефом [10]. Территория отличается сложной ландшафтной структурой (рис. 1).

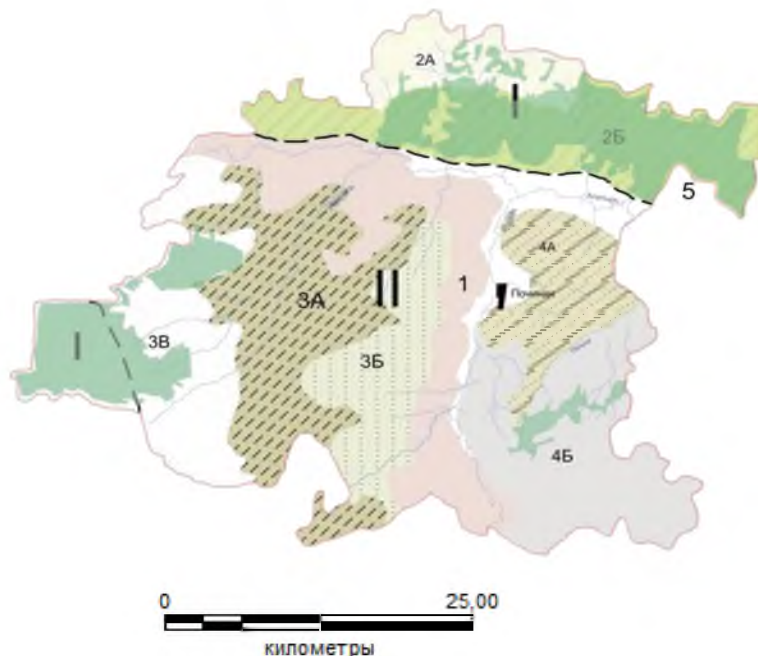


Рис. 1. Эрозионно-морфологическое районирование.

I – Приокское денудационно-задровое полесье; II – Починковская лесостепь.

1. – Придолинный район; 2. – Заалатырское левобережье: 2А – Заалатырский ареал, 2Б – ареал водораздельного склона; 3. – Иресть-Руднинский район: 3А – Приирестьский ареал, 3Б – Прируднинский ареал пологого приводораздельного склона, 3В – Учуево-Ирестьский водораздельный; 4. – Рудня-Алатырское междуречье: 4А – Пелько-Алатырское междуречье; 4Б – Атьма-Руднинское междуречье; 5. – Поймы крупных рек

Согласно агроландшафтному районированию [11], алатырское левобережье – это часть агроландшафтного района «Окское полесье», принадлежащего зоне смешанных и широколиственных лесов, со светло-серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами. Правобережье р. Алатырь – часть района «Починковская степь» лесостепной зоны с серыми лесными почвами, выщелоченными и оподзоленными черноземами. На правобережье западнее долины р. Рудня распространены серые лесные почвы, а восточнее – глинистые и тяжелосуглинистые черноземы [12].

Пространственная неоднородность региона определяет необходимость зонирования территорий для разработки стратегий рационального природопользования. Большинство существующих схем природного районирования на данную территорию относятся к 60–80 гг. XX в., когда использование компьютерных технологий картографирования было весьма ограничено и корректировка таких данных требует больших временных затрат. В этой связи, моделирование процессов, протекающих в ландшафтах на региональном уровне, предполагает использование в качестве основной компоненты данных дистанционного зондирования. Одним из подходов выделения гомогенных территориальных единиц по ряду критериев является автоматизированная классификация, проводимая с использованием ГИС, в которых представление топографических данных осуществляется с помощью цифровой модели рельефа (ЦМР). Для генерации ЦМР были использованы данные гидрографического архива HIDROSEDS разработанного на базе ЦМП SRTM. Предобработка ЦМР заключалась в гидрологической коррекции (заполнение впадин), фильтрации и приведении разрешения раstra к 50 м/пиксель, что обеспечило получение топологически корректной гидрологической ситуации территории. В границах агроландшафтных районов проведено эрозионно-морфологическое районирование на основе различий морфологических признаков [13] с оценкой его адекватности параметрам эрозионной сети [14].



Сведения о землеустройстве (1985–1990 гг.), расположении угодий, их площадях, почвенном покрове, эродированности почв, получены анализом карт внутрихозяйственного землеустройства сельхозпредприятий составленных Росгипроземом. Современное состояние пахотных земель (2008–2009 гг.) оценивалось по материалам натурного обследования сельскохозяйственных угодий районной администрацией с последующей корретировкой по сценам Landsat (TM, ETM+) за весеннее-летний период 1988 г. Такая последовательность операций по идентификации земель позволяет исключить ошибку в определении видов угодий.

С целью оценки возможности использования автоматизированного определения природной предрасположенности территории к развитию процессов деградации земель в Северном Приволжье, на основе структурного анализа ЦМР с помощью модулей динамических библиотек открытых геоинформационных систем SAGA и QGIS, обладающих значительным аналитическим потенциалом в ландшафтных исследованиях [15], была разработана факторная карта эрозионного потенциала рельефа. Его количественной характеристикой служит функция морфометрических параметров склона – рельефная функция, для которой за 30 последних лет предложено около 10 различных математических выражений [16].

Результаты и их обсуждение

Влияние морфолитологических факторов района на территориальное распределение и интенсивность современных эрозионных процессов, проявляется через «выборочность» трансформации пахотных угодий, т.е. явления, когда высокие затраты на обработку крутосклонов и мелкоконтурных межовражных участков способствовали сокращению площадей пашни. На территории района это проявилось достаточно наглядно. В Приокском полесье (ареалы 2А, 2Б, 3В) процесс трансформации пашни в залежь к 2009 г. достиг максимума – 100, 94 и 50% соответственно. В Рудня-Алатырском междуречье с черноземными почвами залежи составили 13%. В целом, по району доля неиспользуемой пашни в 2009 г. составила 24%.

Определение степени воздействия эрозионного потенциала рельефа проводили путем извлечения зональной статистики из растровой карты по ячейкам регулярной сети.

Для оценки степени влияния LS-фактора на масштабы и динамику трансформации пахотных земель был использован дисперсионный анализ [17]. Показателем результирующего фактора служила доля неиспользуемой пашни (% от площади пашни 1985 г.), а организующим фактором морфологическое районирование. Оценочными территориальными единицами являлись ареалы, обособленные наложением границ морфологических ареалов и границ сельхозпредприятий. При таком подходе возможна оценка влияния морфологии и морфометрии рельефа на «выборочность» земледельческого освоения.

Анализировали два дисперсионных однофакторных комплекса (табл.). Первый включал все морфологические ареалы (варианты А₁, Б₁, В₁), а второй – только ареалы в пределах Починковской лесостепи (варианты А₂, Б₂, В₂). Использовались три показателя трансформации: А – общая доля неиспользуемой пашни, т. е. суммы площадей залежи и закустаренной пашни; Б – доля залежи; В – доля закустаренной пашни. Такое разбиение позволяет осветить временной аспект процесса, поскольку закустаренные пашни выведены из оборота не менее 5-8-ми лет назад, а к залежи относилась пашня не используемая более 2-х лет.

Таблица

Влияние морфолитологических условий на трансформацию основного массива пахотных угодий Починковского района

Вариант	Морфолитологические ареалы									η ² (%)	F**
	Пойма	1	2А	2Б	3А	3Б	3В	4А	4Б		
А ₁	Пойма	1	2А	2Б	3А	3Б	3В	4А	4Б	53	+
А ₂		1	–	–	3А	3Б	3В	4А	4Б	36	+
Б ₁	Пойма	1	2А	2Б	3А	3Б	3В	4А	4Б	39	+
Б ₂		1	–	–	3А	3Б	3В	4А	4Б	17	
В ₁	Пойма	1	2А	2Б	3А	3Б	3В	4А	4Б	61	+
В ₂		1	–	–	3А	3Б	3В	4А	4Б	26	+
Площадь пашни, % (1985 г.)	2.8	13.3	4.1	5.0	12.0	13.8	4.3	8.94	16.9		
Залежь, % (2009 г.)	65.6	9.9	100	93.4	26.4	13.6	49.9	1.9	18.6		
LS (1985г.)	0.0	1.38	3.25	1.34	2.16	1.61	1.89	3.37	3.96		
LS (2009г.)	0.0	1.38	–	1.05	1.88	1.48	1.05	3.32	3.93		

*η² (%) – доля влияния организованного фактора (%); **+ – различие (F) достоверно при вероятности 0,95. LS (1985 и 2009 гг.) – эрозионный потенциал рельефа

Дисперсионный анализ показал значительное влияние морфологии ландшафтов на территориальное распределение неиспользуемой пашни – 53% от совокупного влияния всех факторов (при уровне значимости F_{0,95}) (см. табл.). Основной причиной является перевод паш-

ни в залежь на поймах и в хозяйствах левобережья р. Алатырь (районы 2А и 2Б). Однако, это обусловлено, в первую очередь экономическими причинами, и прежде всего, низким естественным плодородием преобладающих здесь светло-серых лесных и дерново-подзолистых почв [12], что отразилось на рентабельности производства в сложившихся экономических условиях.

Трансформация пойменных пашен (65,6% от пашни 1985 г.) не сказалась на эрозионных процессах (см. табл.) из-за малых уклонов поверхности.

При исключении поймы и левобережья, т.е. анализе более однородных в ландшафтном отношении территорий (варианты А₂ Б₂ В₂) влияние морфологического фактора на деградацию пашни снижается – до 17–39%, и в большей степени отражает влияние самой морфометрии пахотных склонов.

При анализе вариантов Б и В выявляется временная динамика влияния морфолитологического фактора на трансформацию пашни (см. табл.). Для процесса закустаривания, т.е. трансформации пашни в первом реформенном десятилетии, оно оказалось большим, чем во втором, для которого заброшенные земли сейчас еще числятся как «залежь». Вначале забрасывались преимущественно неудобные крутосклонные пашни, поэтому ко второму периоду доля таких обрабатываемых земель была невелика. Поэтому снизилась и доля влияния морфолитологического фактора [14].

Порайонная оценка статистических распределений LS для равнинных условий показала, они преимущественно характеризуются левосторонней асимметрией [13]. При таком типе распределений исключение даже небольшой доли крутосклонных пашен с максимальными LS приводит к заметному снижению его средних величин, которое свидетельствует об уменьшении площади пашни с повышенным потенциалом рельефа, а сопоставление распределений демонстрирует, что такое снижение произошло в основном за счет склонов с максимальными величинами LS. Для используемой пашни Починковского района доля снижения LS, а следовательно, и интенсивности смыва, составила 6–7% от LS пашни советского периода (рис. 2).

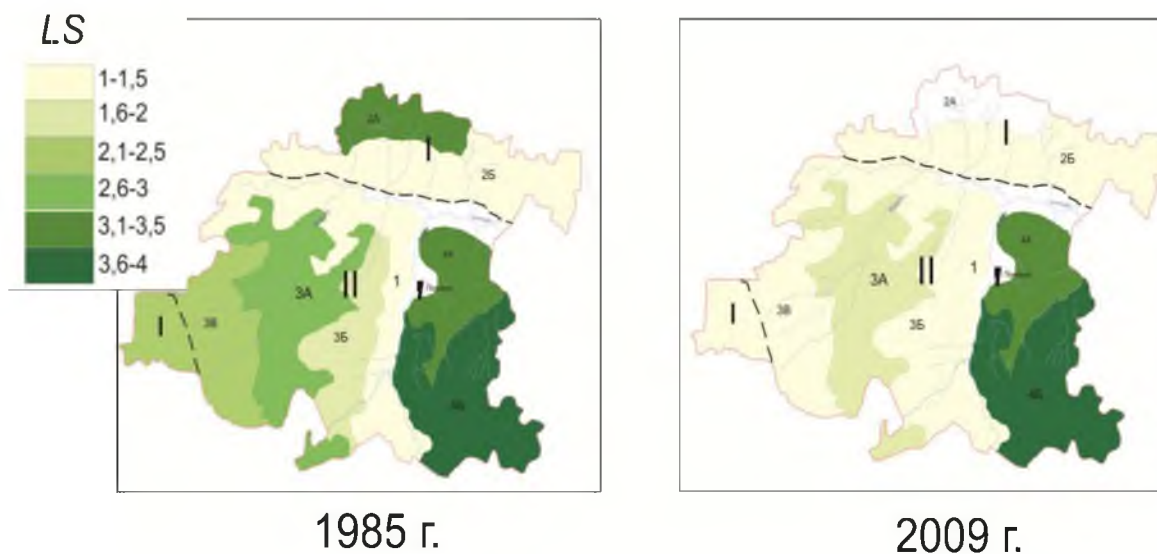


Рис. 2 Динамика эрозионного потенциала рельефа Починковского района

Наибольшее снижение LS (на 22 и 44%) произошло в морфологических ареалах Приокского полесья, где наиболее значительны доли заброшенных пашен (ареалы 2Б и 3В). На западе в Иреть-Руднинском морфологическом районе (ареалы 3А и 3Б) снижение составило 11%, а доля залежи – 19%. Для ареалов, где сокращение обрабатываемых земель было незначительным (ареалы 1, 4А), крайне слабыми оказались и изменения средних значений LS. Исключение представляет только юг Атьма-Руднинского междуречья (ареал 4Б). Доля заброшенной пашни здесь составляет 18,5%, но максимальный для региона эрозионный потенциал рельефа не изменился. Это связано с тем, что деградация системы землепользования затронула не только крутосклонные участки.

Выводы

Важная роль в территориальной дифференциации сокращения пахотных земель а также их трансформации в залежь на почвах черноземного типа принадлежит морфометрии рельефа обрабатываемых земель. Обусловленная морфолитогенными факторами «выборочность» трансформации пахотных угодий, т. е. приоритетность в этом отношении крутосклон-



ных, неудобных для обработки и малоплодородных земель, в свою очередь, привела к изменению эрозионного потенциала пахотных склонов, т. е. к изменению региональных оценок степени влияния рельефа на интенсивность земледельческой эрозии почв. Результаты исследований показали возможность применения показателей эрозионного потенциала рельефа в агроэкологическом районировании для выявления территорий, особо остро нуждающихся в противоэрозионных мероприятиях.

Список литературы

1. An overview of pedometric techniques for use in soil survey / A.B. McBratney, I.O.A. Odeh, T.F.A. Bishop et al. // *Geoderma*. – 2000. – Vol. 97. – №3–4. – Pp. 293–327.
2. Васильев С.В., Чикишев А.Г. Ландшафтная индикация. – М.: Наука, 1985. – 96 с.
3. Мерзляков О.Э., Свинцова Н.С. Использование ландшафтно-индикационных связей при изучении структуры почвенного покрова на примере юго-западной части Академгородка г. Томска // *Вестник Томского государственного университета. Сер. Биология*. – 2011. – №3 (15). – С. 50–56.
4. Ryan C., Boyd M. CatchmentSIM: a new GIS tool for topographic geo-computation and hydrologic modelling // *Proc. 28th Int. Hydrol. Water Resour. Symp., Wollongong, 10–14 Nov. 2003*. – Barton: Institution of Engineers Australia, 2003. – Vol. 1. – Pp. 35–42.
5. Прогнозное почвенное картографирование на основе цифрового моделирования рельефа / И.В. Флоринский, Р.Дж. Айлерс, Д.Л. Бертон и др. // *Геоинформатика*. – 2009. – №1. – С. 22–32.
6. Böhner J., McCloy K.R., Strobl J. [Eds.]. SAGA – Analysis and Modelling Applications. – *Göttinger Geographische Abhandlungen*. – 2006. – Vol. 115. – 130 pp.
7. Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic / A.X. Zhu, B. Hudson, J. Burt et al. // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2001. – Vol. 65(5). – Pp. 1463–1472.
8. Ерофеев А.А. Определение структуры бассейновых геосистем на основе геоинформационного моделирования (на примере бассейнов малых рек Томска и его окрестностей) // *Вестн. Томского. гос. ун-та*. – 2012. – №363. – С. 192–195
9. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения / Под ред. А.А. Светличного. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.
10. Спиридонов А.И. Геоморфологическое районирование Восточно-Европейской равнины // *Землеведение. Новая серия*. – М.; Изд-во Моск. ун-та, 1969. – Т. VIII (XLYIII). – С. 76–110.
11. Юртаев А.А. Агрорландшафты: история вопроса, агрорландшафтное районирование // *Современные ландшафты Нижегородской области*. – Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии гос. службы, 2006. – С. 178–187.
12. *Современные ландшафты Нижегородской области*. – Н. Новгород: Изд-во Волго-Вятской академии гос. службы, 2006. – 288 с.
13. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 255 с.
14. Геоморфологическая составляющая динамики современных делювиальных процессов северной части Приволжской возвышенности / Н.П. Канатьева, Н.Г. Добровольская, С.Ф. Краснов, Л.Ф. Литвин // *Геоморфология*. – 2012. – №3. – С.44–52.
15. Bock M., Böhner J., Conrad O., Köthe R., Ringeler A. Methods for creating Functional Soil Databases and applying Digital Soil Mapping with SAGA GIS // *Status and prospect of soil information in south-eastern Europe: soil databases, projects and applications*. – Luxemburg, 2007. – Pp. 149–162.
16. Лисецкий Ф.Н., Половинко В.В. Эрозионные катены на земляных фортификационных сооружениях // *Геоморфология*. – 2012. – №2. – С. 65–77.
17. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 200 с.

GEOINFORMATION MAPPING APPLICATION FOR THE ASSESSMENT OF THE AGROLANDSCAPES CONDITION OF THE NORTHERN VOLGA REGION

**N.P. Kanatyeva¹, F.N. Lisetskii²,
P. Ukrainskiy²**

¹ *Arzamas Branch of the Nizhny Novgorod State University of N.I. Lobachevsky, 36, K. Marx St., Arzamas, 607220, Russia*

² *Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia*

E-mail: arpz@mail.ru; ukrain-ski@bsu.edu.ru

The assessment of the influence of the relief on the functioning of agrolandscapes of the region was carried out. A significant impact of the level of erosion potential of the relief on territorial differentiation of processes of transformation of arable land was established. Application of methods of geoinformation mapping provides the accuracy of the spatial analysis of the main morphometric parameters and allows to apply the received results in agroecological division of the territory into districts.

Keywords: agrolandscape, erosive potential of the relief, GIS-mapping, zoning.