

УДК 528.94:004.9:004.94:330:338:332.122:332.146:001.895:005.591.6:338.436.33

Тесленок С. А.<sup>1</sup>,  
Калашникова Л. Г.<sup>2</sup>

***ГИС-картографирование  
инновационного развития сельского  
хозяйства России в целях регионального  
управления***

<sup>1,2</sup> ФГБОУ ВО «Национальный Мордовский  
государственный университет имени Н. П. Огарёва»,  
г. Саранск  
e-mail: [teslserg@mail.ru](mailto:teslserg@mail.ru)

**Аннотация.** В статье представлены результаты геоинформационного картографирования инновационного развития сельскохозяйственных экономических систем в регионах Российской Федерации, включая процессы диффузии сельскохозяйственных инноваций. Это позволяет осуществлять выявление их геопространственных особенностей, циклично-генетических закономерностей функционирования и давать научное обоснование оптимальным вариантам региональной аграрной управленческой политики в стране.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, сельскохозяйственные экономические системы, инновации, инновационное развитие, диффузия инноваций, геоинформационные системы, ГИС, ГИС-картографирование, управление, регионы.

### Введение

Важнейшей фундаментальной и актуальной междисциплинарной проблемой в Российской Федерации признана необходимость исследования социально-экономических процессов и явлений, научного обоснования оптимальных вариантов государственной и региональной аграрной политики на основе разработки концептуальных основ и методики исследования циклично-генетических закономерностей функционирования региональных сельскохозяйственных систем, включая; механизмы инновационного развития сельского хозяйства (возникновения, развития и динамики инноваций) [1-4].

Традиционными и общепринятыми при этом являются классические подходы (статистические и экономико-географические). Новые нетрадиционные подходы географических исследований основаны на имитационном и оптимизационном моделировании экономических и инновационных процессов и явлений в сфере сельского хозяйства, применении комплекса математических методов [2]. Такого рода исследования тесно связаны с широким использованием методов математического и геоинформационного моделирования, геоинформационных систем (ГИС) и ГИС-технологий [5-11], когда эффективными являются разработка, создание и использование геоинформационно-картографических моделей инновационных циклов. При этом такие традиционные операции при работе с базами данных (БД), как запросы и статистический анализ объединяются с преимуществами полноценной графической визуализации и географического анализа полученных результатов [7-9; 11-13]. Одновременно решаются задачи выявления территориальной дифференциации регионов по инновационным функциям и инновационному потенциалу сельскохозяйственного производства и их типология по степени восприимчивости к процессам диффузии инноваций [10;

11].

*Целью* исследования является геоинформационное моделирование и картографирование инновационного развития региональных сельскохозяйственных экономических систем Российской Федерации для выявления их геопространственных особенностей, циклично-генетических закономерностей функционирования и научного обоснования оптимальных вариантов аграрной управленческой политики в регионах страны.

Геоинформационное моделирование в комплексе с методом Монте-Карло, используемые для исследования стохастического процесса диффузии инноваций [14; 15], позволяют получать серии цифровых, электронных и компьютерных карт, характеризующих особенности и пространственно-временные закономерности инновационного развития сельскохозяйственных территориальных систем и их продуктивности на разных исторических этапах [2; 9-11].

Процессы пространственной диффузии инноваций от инновационных ядер и субъядер на инновационную субпериферию и периферию наглядно визуализируются. Это позволяет выполнить типологическую классификацию сельскохозяйственных регионов по степени их восприимчивости к инновациям, потенциальным и реальным возможностям их внедрения и реализации, инновационным функциям и инновационному потенциалу сельского хозяйства, а также прогнозировать процессы диффузии инноваций в аграрной сфере, решая, в конечном счете, комплекс управленческих задач.

### **Материалы и методы**

В нашей работе проанализированы особенности теории и методики геоинформационного картографирования и моделирования объектов, явлений и процессов различной природы, вопросы применения ГИС-технологий и геоинформационного моделирования в научных (в первую очередь географических) исследованиях. Наиболее детально они рассмотрены в трудах, представляющих инновационные разработки в области отраслевого тематического и комплексного системного картографирования на базе современных методологических и научно-технических достижений (А. М. Берлянт, А. В. Кошкарев, С. А. Куролап, И. К. Лурье, В. З. Макаров, В. С. Тикунов и др.) [6; 7 и др.].

Применительно к проблематике исследования с конца 90-х гг. XX в. известен опыт объектно-ориентированного анализа и моделирования сложных динамических систем (Г. Буч, Ю. Б. Колесов); использования ГИС для исследования почв и земельных ресурсов (Р. А. Burrough, R. A. McDonnell, К. С. Тесленок и др.) [8; 16]; создания почвенных БД (С. Le Bas, D. King, M. Jamagne, J. Daroussin, В. Nicoullaud, M. Ngongo и др.), моделирования на основе технологии ГИС-сценариев изменения потенциальной продуктивности земель (И. Ю. Савин, Е. Ю. Прудникова, В. В. Сизов, Л. Г. Колесникова, Е. В. Александрова и др.) [8; 16]; оптимизационного геоинформационного картографирования (С. И. Мясникова, А. К. Черкашин, А. Д. Китов, И. В. Бычков и др.) [13]; определения по результатам геоморфометрического анализа цифровых моделей рельефа потенциальных мест развития процессов водной и ветровой эрозии, заболачивания, подтопления, суффозии и др. (А. А. Глотов, К. С. Тесленок и др.) [8]; геоинформационного моделирования и геоинформационного анализа оптимальности структуры землепользования (К. С. Тесленок) [8]; геоинформационного моделирования и картографирования природно-

ресурсного потенциала интенсивно развивающихся территорий и др. (В. С. Грузинов, И. Г. Журкин, Л. Н. Чабан, К. С. Тесленок) [8].

Учитывая то, что большая часть работ отечественных ученых в области инновационного развития сельского хозяйства ориентирована на решение узких региональных вопросов аграрной политики, возникает необходимость разработки методологических положений и методических приемов в области управления инновационным развитием сельского хозяйства. Этому могут способствовать современные информационные системы интеллектуальной поддержки процессов разработки и реализации управленческих решений, максимально приспособленные для решения задач управленческой деятельности.

Поддержка, формирование и принятие управленческих решений с помощью информационных технологий [8] (включая анализ и выработку альтернативных вариантов) основаны на применении таких методов, как информационный поиск; интеллектуальный анализ данных; извлечение (поиск) знаний в БД; рассуждение на основе прецедентов; имитационное моделирование; генетические алгоритмы; искусственные нейронные сети; методы искусственного интеллекта, в том числе, когнитивное моделирование. Информационная сложность при этом заключается в необходимости учета и обработки больших объемов данных, а в подавляющем числе случаев речь идет о пространственно-координированных географических данных. При этом роль и значение геоинформационных систем, ГИС-технологий, геоинформационного моделирования и картографирования неопределимы.

### **Результаты и обсуждение**

Первый этап исследований включал сбор и первичную обработку специализированной статистической информации и формирование на этой основе БД для создания специализированной геоинформационной системы «Инновации в регионах Российской Федерации» с последующим осуществлением математического и геоинформационно-картографического моделирования диффузии инноваций [10; 11] и геоинформационного анализа.

Затем были выполнены работы по проектированию вариантов и разработке структуры БД на основе целевого программного обеспечения ГИС (ArcView GIS, ArcGIS, MapInfo Professional), ставших основой для ГИС-картографирования инновационного развития сельского хозяйства в регионах России. Сущность исходных статистических данных определила количество, общий перечень, названия и параметры полей атрибутивных таблиц проектируемой ГИС. После создания соответствующего геоинформационного проекта сформированы спроектированные тематические слои и выполнены настройки их и проекта в целом.

На основе информации, содержащейся в БД специализированной ГИС, с использованием методов ГИС-картографирования проведено соответствующее исследование, построены и проанализированы разной степени сложности геоинформационно-картографические модели территориальных сельскохозяйственных систем регионального уровня, отражающие отдельные аспекты инновационного развития регионов России, а так же происходящие в них инновационные процессы [10; 11], в целях осуществления управления ими и прогнозирования дальнейшего развития региональных инновационных систем в сельском хозяйстве. Для моделирования использованы показатели, по которым имеются наиболее длинные временные ряды.

Графическая визуализация информации БД ГИС (пространственно распределенных данных в виде цифровой информации ГИС, цифровых моделей) с использованием их программных средств, как правило, осуществляется двумя основными способами: в виде электронной карты на видеоэкране монитора компьютера или в виде компьютерной карты, выведенной на печатающее устройство. Нами было подготовлено несколько различных вариантов картографической визуализации и создана серия электронных и компьютерных карт.

Классификация регионов Российской Федерации и визуальное представление полученных результатов было выполнено с использованием картограмм – статистического способа картографического изображения средней интенсивности того или иного показателя в пределах отдельных территорий (как правило, административно-территориальных единиц).

Возможности целевой ГИС позволяют автоматически классифицировать картографируемые объекты по числовому атрибуту поля с анализируемым показателем – четырьмя способами (методами или типами классификации): естественных границ, равных интервалов, квантилей и стандартных отклонений [10; 11]. При этом наиболее оптимальным был признан метод равных интервалов (равнопромежуточный), с использованием которого все значения атрибутов общего диапазона временного ряда распределяются на три или пять равных по размеру групп (поддиапазонов) сообразно величине анализируемого показателя (соответственно: низкий, средний и высокий или низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий). Последовательность цветов шкалы легенды при ее построении (от начального к конечному) определяется порядком цветов в непрерывном спектре (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый) [10; 11]. Для лучшего визуального восприятия, большей наглядности и удобства при анализе результатов классификации, предлагается использовать цвета интервалов значений каждого класса и цветовую линейку (шкалу изменения цвета) с переходом от темно-зеленого цвета (высокий уровень показателя), через желтый (средний) до темно-красного (низкий).

На основе применения методов геоинформационного моделирования и технологий геоинформационных систем и ГИС-картографирования получена серия аналитических базовых и результирующих карт, характеризующих разные показатели, аспекты и изменение инновационной деятельности, инновационной активности и инновационного развития сельского хозяйства в регионах Российской Федерации, в целом иллюстрирующих диффузию инноваций. Дополнительно результаты ГИС-картографирования были оформлены в виде анимированных карт и картографических анимаций, отражающих территориальное распространение инноваций [8], происходящее посредством их диффузии – процесса, в котором инновации передаются среди членов социальной системы через определенные каналы в течение определенного времени [14].

Пространственный геоинформационно-картографический анализ направленности процессов диффузии инноваций, используемых в сельском хозяйстве России, выявляет объективные закономерности их распространения. Прежде всего, от крупнейших городов и одновременно ведущих научно-технических центров: Санкт-Петербурга, Москвы, Казани, Уфы, Екатеринбурга, Саратова, Барнаула, Новосибирска, и др. Кроме того, пространственный геоинформационно-картографический анализ направленности процессов диффузии инноваций велся из районов интенсивного земледелия (Ленинградская, Московская, Воронежская,

Ростовская области, Краснодарский край Республики Татарстан и Башкортостан) в направлении периферийных районов страны, расположенных преимущественно в восточных и северных частях Европейской части России, а также Сибири и Дальнего Востока.

### **Выводы**

Использование методов ГИС-картографирования и геоинформационного моделирования позволило провести исследования с построением и анализом разной степени сложности геоинформационно-картографических моделей территориальных инновационных систем регионального уровня, а так же происходящих в них инновационных процессов для осуществления управления ими и прогнозирования их дальнейшего развития. Сформированы базы пространственных геоданных основных показателей инновационного развития регионов Российской Федерации.

Полученные математические и геоинформационно-картографические модели являются базой разработки социально-экономического прогноза инновационного развития региональных сельскохозяйственных систем и различных вариантов их функционирования и перспективного развития, а в конечном счете – научного обоснования оптимальных вариантов государственной и региональной аграрной политики [2]. Созданные для целей ГИС-картографирования картографические и атрибутивные БД используются для осуществлено имитационного и оптимизационного моделирования инновационных процессов [10; 11]. На их основе ведутся работы по созданию электронного ГИС-атласа «Инновационное развитие регионов России».

Главная методическая проблема по результатам исследования состоит в отсутствии специализированной информации по инновационному развитию сельского хозяйства. Тем не менее, анализ научных публикаций подтверждает полное соответствие общего уровня инновационного развития региона и степени развития инноваций в сельскохозяйственной сфере. Высокоэффективное сельское хозяйство таких регионов страны, как Московская область, Краснодарский край Республика Татарстан, и ряда других во многом определяется соответствующим уровнем их инновационного развития.

*Исследование выполнено при поддержке РФФИ (проект №19-05-00066)*

### **Литература**

1. Бабурин В. Л., Земцов С. П. Инновационный потенциал регионов России. М.: КДУ, Университетская книга, 2017. 358 с.
2. Носонов А. М. Моделирование экономических и инновационных циклов в сельском хозяйстве // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. №1(238). С. 24-34.
3. Зинина Л. И., Тезина Л. Е. Стратегическое управление инновациями на предприятиях агропромышленного комплекса // Нива Поволжья. 2017. №3(44). С. 135-142.
4. Синергия пространства: региональные инновационные системы, кластеры и перетоки знания / Отв. ред. А. Н. Пилясов. Смоленск: Ойкумена, 2012. 760 с.
5. Носонов А. М., Нарезный В. П. Методология ГИС-программы поддержки

- принятия решений «Управление сельским хозяйством Республики Мордовия» // Интеркарто-8: ГИС для устойчивого развития территорий (InterCarto-8: GIS for Sustainable Development of Territories). Спб. 2002. С. 146-150.
6. Тикунов В. С. Моделирование в картографии: учебник. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 405 с.
  7. Тикунов В. С., Цапук Д. А. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. М., Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 176 с.
  8. Тесленок К. С. Геоинформационное картографирование и моделирование в управлении земельными ресурсами Республики Мордовия // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: материалы XV междунар. науч. конф. (Минск, 23-24 окт. 2014 г.). В 3 т. Т.3. Минск: НИЭИ М-ва экономики Респ. Беларусь, 2014. С. 264-266.
  9. Тесленок С. А., Тесленок К. С. Программное обеспечение для картографического анимирования диффузии инноваций // Трёшниковские чтения – 2019: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: мат-лы всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И. Н. Ульянова», 2019. С. 210-211.
  10. Носонов А. М., Тесленок С. А., Куликов Н. Д. Геоинформационное моделирование инновационного развития сельского хозяйства. Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС». 2016. №22(2). С. 28-34. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2016-2-22-28-34>.
  11. Тесленок С. А., Носонов А. М., Тесленок К. С. Геоинформационное моделирование диффузии инноваций. Материалы Международной конференции «ИнтерКарто/ИнтерГИС», 2014. №20. С. 1591-1690. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2014-1-20-159-169>.
  12. Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф. К вопросу построения картографических изображений на основе визуализации атрибутивных данных в ГИС // Геодезия и картография, 2015. №2. С. 31-38.
  13. Мясникова С. И., Черкашин А. К. Оптимизационное геоинформационное картографирование // Геодезия и картография. 2007. №4. С. 38-43.
  14. Rogers E. M. Diffusion of innovations. New York: Free Press. 1962. 367 p.
  15. Hägerstrand T. Innovation Diffusion as a Spatial Process. Chicago: University of Chicago Press, 1967. 334 p.
  16. Burrough P. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Monograph on Soil and Resources Survey No12. Oxford: Oxford University Press, 1986. 193 p.

Teslenok S. A.<sup>1</sup>  
Kalashnikova L. G.<sup>2</sup>

***GIS-mapping of the innovation development  
of agriculture in Russia for the purposes of  
regional management***

---

<sup>1,2</sup> National Mordovian state University. N. P. Ogarev,  
Russian Federation, Saransk  
e-mail: [teslserg@mail.ru](mailto:teslserg@mail.ru)

**Abstract.** *The article presents the results of geographic information mapping of innovative development of agricultural economic systems in the regions of the Russian*

*Federation, including the processes of diffusion of agricultural innovations. This allows the identification of their geospatial features, cyclic-genetic patterns of functioning and provide a scientific justification for the best options for regional agrarian management policy in the country.*

**Keywords:** *agriculture, agricultural economic systems, innovations, innovative development, diffusion of innovations, geographic information systems, GIS, GIS-mapping, management, regions.*

### **References**

1. Baburin V. L., Zemcov S. P. Innovacionnyj potencial regionov Rossii. M.: KDU, Universitetskaya kniga, 2017. 358 s. (in Russian)
2. Nosonov A. M. Modelirovanie ekonomicheskikh i innovacionnykh ciklov v sel'skom hozyajstve // Nacional'nye interesy: priority i bezopasnost'. 2014. №1(238). S. 24-34. (in Russian)
3. Zinina L. I., Tezina L. E. Strategicheskoe upravlenie innovაციями na predpriyatiyah agropromyshlennogo kompleksa // Niva Povolzh'ya. 2017. №3(44). S. 135-142. (in Russian)
4. Sinergiya prostranstva: regional'nye innovacionnye sistemy, klasteriy i peretoki znaniya / Otv. red. A. N. Pilyasov. Smolensk: Ojkumena, 2012. 760 s. (in Russian)
5. Nosonov A. M., Narezhnyj V. P. Metodologiya GIS-programmy podderzhki prinyatiya reshenij «Upravlenie sel'skim hozyajstvom Respubliki Mordoviya» // Interkarto-8: GIS dlya ustojchivogo razvitiya territorij (InterCarto-8: GISforSustainableDevelopmentofTerritories). Spb. 2002. S. 146-150. (in Russian)
6. Tikunov V. S. Modelirovanie v kartografii: uchebnyk. M.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1997. 405 s. (in Russian)
7. Tikunov V. S., Capuk D. A. Ustojchivoe razvitie territorij: kartografo-geoinformacionnoe obespechenie. M., Smolensk: Izd-vo SGU, 1999. 176 s. (in Russian)
8. Teslenok K.S. Geoinformacionnoe kartografirovanie i modelirovanie v upravlenii zemel'nymi resursami Respubliki Mordoviya // Problemy prognozirovaniya i gosudarstvennogo regulirovaniya social'no-ekonomicheskogo razvitiya: materialy XV mezhdunar. nauch. konf. (Minsk, 23-24 okt. 2014 g.). V 3 t. T.3. Minsk: NIEI M-va ekonomiki Resp. Belarus', 2014. S. 264-266. (in Russian)
9. Teslenok S. A., Teslenok K. S. Programmnoe obespechenie dlya kartograficheskogo animirovaniya diffuzii innovacij // Tryoshnikovskie chteniya – 2019: Sovremennaya geograficheskaya kartina mira i tekhnologii geograficheskogo obrazovaniya: mat-ly vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchast. Ul'yanovsk: FGBOU VO «UIGPU im. I. N. Ul'yanova», 2019. S. 210-211. (in Russian)
10. Nosonov A. M., Teslenok S. A., Kulikov N. D. Geoinformacionnoe modelirovanie innovacionnogo razvitiya sel'skogo hozyajstva. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii «InterKarto/InterGIS». 2016. №22(2). S. 28-34. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2016-2-22-28-34>. (in Russian)
11. Teslenok S. A., Nosonov A. M., Teslenok K. S. Geoinformacionnoe modelirovanie diffuzii innovacij. Materialy Mezhdunarodnoj konferencii «InterKarto/InterGIS», 2014. №20. S. 1591-1690. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2014-1-20-159-169>. (in Russian)
12. Ivlieva N. G., Manuhov V. F. K voprosu postroeniya kartograficheskikh izobrazhenij

- na osnove vizualizacii atributivnyh dannyh v GIS // Geodeziya i kartografiya, 2015. №2. S. 31-38. (in Russian)
13. Myasnikova S. I., Cherkashin A. K. Optimizacionnoe geoinformacionnoe kartografirovanie // Geodeziya i kartografiya. 2007. №4. S. 38-43. (in Russian)
  14. Rogers E. M. Diffusion of innovations. New York: Free Press. 1962. 367 p. (in English)
  15. Hägerstrand T. Innovation Diffusion as a Spatial Process. Chicago: University of Chicago Press, 1967. 334 p. (in English)
  16. Burrough R. A. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment, Monograph on Soil and Resources Survey No12. Oxford: OxfordUniversityPress, 1986. 193 p. (in English)

*Поступила в редакцию 01.06.2019 г.*