

А.М. Носонов<sup>1</sup>, С.А. Тесленок<sup>2</sup>, Н.Д. Куликов<sup>3</sup>

## ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

**Резюме.** Статья посвящена изучению инновационного развития сельского хозяйства на основе использования ГИС-технологий. Осуществлено проектирование вариантов и разработана структура базы данных специализированной ГИС «Инновации в регионах Российской Федерации». Для анализа диффузии инноваций в сельском хозяйстве были использованы методы Монте-Карло и геоинформационные технологии. На основе анализа диффузии инноваций при помощи этих методов выявлены объективные закономерности распространения инноваций, используемых в сельском хозяйстве в направлении с одной стороны от крупных научно-технических центров, с другой – из районов интенсивного земледелия на периферийные территории преимущественно в восточных и северных частях Европейской России, а также Сибири и Дальнего Востока. Использование методов геоинформационного моделирования позволило провести исследования с построением и анализом разной степени сложности геоинформационно-картографических моделей территориальных систем регионального уровня, а так же происходящих в них инновационных процессов для осуществления управления ими и прогнозирования развития региональных инновационных систем.

**Ключевые слова:** геоинформационное моделирование, ГИС-технологии, инновационное развитие, сельское хозяйство.

**Введение.** В условиях глобализации и становления экономики, основанной на знаниях, успехи мировых научно-технических лидеров определяются главным образом эффективной интеграцией науки, образования и бизнеса. Успех развития любой страны сейчас определяется степенью внедрения на рынок результатов научной деятельности в новые технологии и технологические продукты, то есть уровнем коммерциализации итогов интеллектуальной деятельности. Это в полной мере относится и к сельскому хозяйству, эффективное развитие которого в современных условиях требует постоянного появления и внедрения новых техники и технологий, совершенствования экономических отношений между производителями и потребителями научной продукции, формирование инновационной инфраструктуры. На современном этапе формирования экономики России проблема обеспечения продовольственной безопасности страны может быть решена только на основе инновационного развития агропромышленного комплекса (Носонов, 2014а). Многочисленные отечественные и зарубежные публикации, посвященные исследованиям инновационного развития сельского хозяйства, в основном рассматривают следующие вопросы: классификации инноваций, государственную поддержку инновационных процессов, условия и факторы инновационного развития аграрной отрасли, предлагают пути повышения инновационной активности в аграрном секторе России и др. В большинстве случаев эти работы имеют обзорный и аналитический характер и не направлены на решение методологических проблем и конкретных задач инновационного развития сельского хозяйства. Поэтому актуальны исследования, основанные на

---

<sup>1</sup> Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, географический факультет, кафедра физической и социально-экономической географии; Саранск, 430005, Россия; профессор, докт. геогр. н.; e-mail: artno@mail.ru.

<sup>2</sup> Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, географический факультет, кафедра геодезии, картографии и геоинформатики; Саранск, 430005, Россия, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: teslserg@mail.ru.

<sup>3</sup> Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, экономический факультет, кафедра экономики и организации производства; Саранск, 430005, Россия; профессор, канд. экон. н.; e-mail: kulikovnd@yandex.ru.

применении новых методологических положений и методах. Больше возможности в этой связи открывают ГИС-технологии и геоинформационное моделирование.

**Материал и методы исследований.** В последние годы стремительно развивается применение ГИС-технологий и геоинформационного моделирования в научных исследованиях. Однако эти исследования не затрагивают вопросы цикличности, где они были бы эффективны. В настоящее время существуют два основных подхода к интеграции ГИС-технологии и моделей природных и социально-экономических процессов с целью создания пространственно-распределенной системы моделирования. Первый основан на использовании ГИС-пакета как дополнительного модуля компьютерной модели процесса, обеспечивающего формирование массивов входных данных, а также представление результатов моделирования, выполняемого с помощью реализованных традиционными методами моделей. Второй подход заключается в полной интеграции ГИС и профильной модели процесса на основе реализации модели языковыми возможностями ГИС-пакета. Наиболее детально вопросы геоинформационного моделирования социально-экономических процессов рассмотрены в работах В.С. Тикунова (Капралов и др., 2008). Им предлагаются инновационные разработки в области комплексного и отраслевого системного тематического картографирования природных, социально-экономических, политических и других явлений и процессов на базе последних методологических и научно-технических достижений и приведены результаты их практического использования.

Применительно к проблематике нашего исследования с конца 90-х годов прошлого века существует опыт объектно-ориентированного анализа и моделирования сложных динамических систем, использования ГИС для исследования земельных ресурсов в целом и создания почвенных баз данных, моделирования на основе технологии ГИС сценариев изменения потенциальной продуктивности земель в результате эрозии почв, оптимизационного геоинформационного картографирования, геоинформационного анализа оптимальности структуры землепользования на уровне отдельного хозяйства и на этой основе – геоинформационного моделирования структуры землепользования, геоинформационного моделирования территорий и др.

Начальный этап работ был связан с проектированием возможных вариантов и разработкой структуры базы данных специализированной ГИС «Инновации в регионах Российской Федерации» на основе ГИС ArcView GIS. Исходя из сущности исходных статистических данных, были определены количество, общий перечень, названия и параметры полей атрибутивных таблиц проектируемой ГИС.

После создания соответствующего нового проекта в ГИС ArcView, созданы намеченные на этапе проектирования темы (слои), выполнена настройка проекта и его слоев, в атрибутивных таблицах соответствующих тем сформированы поля с определенными ранее параметрами.

Предварительно в Microsoft Excel для каждого из анализируемых показателей были созданы файлы (книги) с данными временных рядов в разрезе субъектов Российской Федерации. Затем активные листы всех книг были сохранены в формате \*.dbf (DBF 4 (dBASE IV)) с целью обеспечения возможности дальнейшей работы с ними в ГИС ArcView GIS и включения в атрибутивные таблицы баз данных специализированной ГИС «Инновации в субъектах Российской Федерации».

Классификация субъектов Российской Федерации и визуальное представление полученных результатов в виде картограмм были выполнены с использованием редактора легенды ГИС ArcView GIS и типа легенды «цветовая шкала» («градуированный цвет»), когда изменение значений атрибутивных данных объекты темы представлено диапазоном спектра цветовой шкалы с начальным и конечным цветами.

По умолчанию возможности базовой ГИС ArcView GIS позволяют производить автоматическую классификацию субъектов Российской Федерации с использованием типа легенды «цветовая шкала» четырьмя способами (естественных границ, равных интервалов, квантилей, стандартных отклонений) по числовому атрибуту – полю с анализируемым показателем – на пять классов.

Метод (тип классификации) естественных границ (интервалов) используется в ArcView по умолчанию. Он определяет граничные точки между классами (так называемые точки прерывания), используя статистическую формулу оптимизации Дженка (Jenks's optimization). В основу метода положена минимизация суммы отклонений значений внутри каждого класса, позволяющая группировать близкие по значениям данные.

Классификация по методу равных интервалов (равнопромежуточному) разбивает общий диапазон значений атрибутов на равные по размеру поддиапазоны, по которым затем распределяются объекты темы.

Метод квантилей (равномерный, равновеликий) позволяет включать в каждый класс одинаковое число объектов и наиболее пригоден для линейно увеличивающихся данных, не имеющих диспропорционального числа объектов с одинаковыми значениями.

В названных методах классификации возможная последовательность цветов шкалы легенды от начального к конечному при ее построении определяется порядком цветов в непрерывном спектре (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый).

При использовании классификации по методу стандартных (среднеквадратичных) отклонений определяется среднее значение, а затем устанавливаются границы (разрывы) классов ниже и выше средней величины в интервалах 0,25, 0,5, и 1 среднеквадратичного (стандартного) отклонения, пока все значения данных не будут размещены внутри классов в пределах их границ. Все остальные значения, расположенные за пределами трех среднеквадратичных отклонений от среднего значения, будут сгруппированы в два класса: больше чем три стандартных отклонения выше среднего ( $> 3 \text{ Std. Dev.}$ ), и меньше чем три стандартных отклонения ниже среднего ( $< -3 \text{ Std. Dev.}$ ). Согласно результатам классификации создается специальный вид цветовой шкалы с добавлением класса, содержащего только среднее значение данных (белого цвета), а каждый класс выше или ниже среднего значения получает более темные оттенки (соответственно красного и голубого цвета).

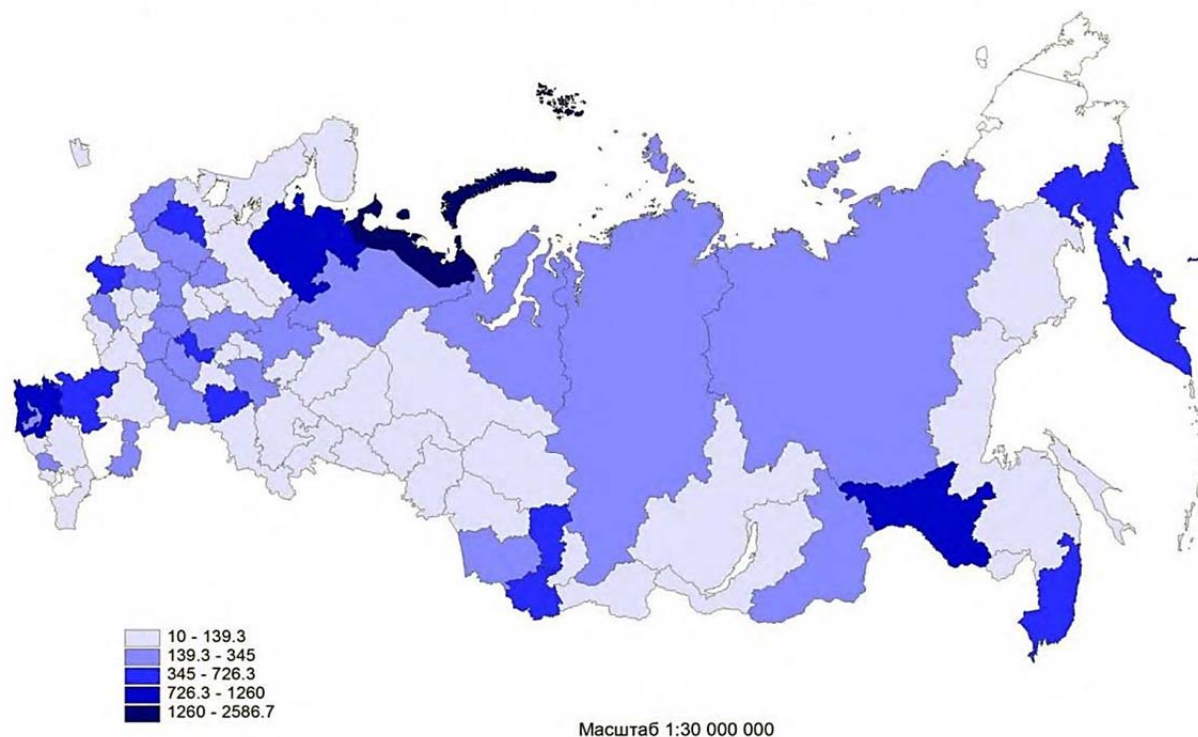
На данном этапе работ в результате предварительного анализа полученных результатов в качестве наиболее оптимального был признан метод равных интервалов (равнопромежуточный), с использованием которого все значения временного ряда были разделены на пять равных по размеру групп сообразно величине анализируемого показателя:

- низкий;
- ниже среднего;
- средний;
- выше среднего;
- высокий (высокоурожайные, не засушливые).

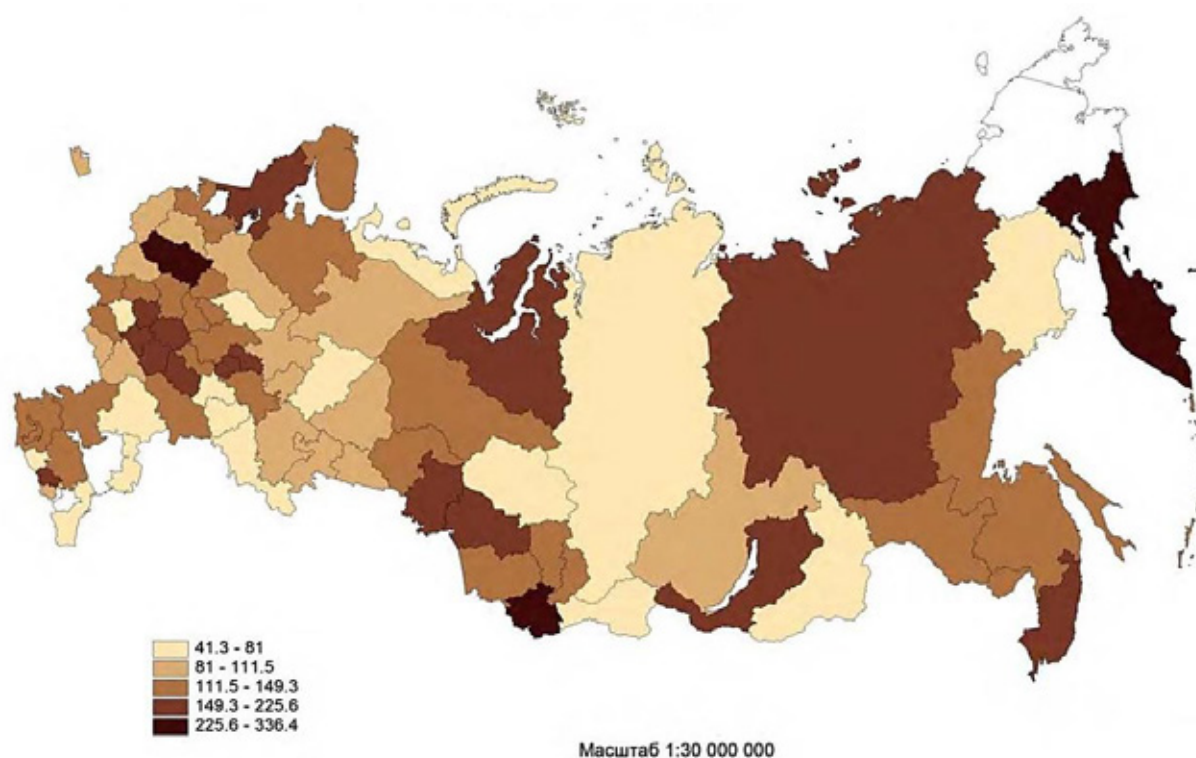
В дальнейшем для лучшего визуального восприятия, большей наглядности и удобства использования при анализе результатов классификации, так же с использованием редактора легенды могут быть подобраны цвета интервалов значений каждого класса и получена цветовая линейка (шкала изменения цвета) с переходом от темно-зеленого цвета, соответствующего высокому уровню показателя, через желтый (средний) до темно-красного, обозначающего низкий уровень. Учитывая возможную необходимость частого использования, полученные легенды могут быть сохранены в соответствующих файлах (\*.avl).

**Результаты исследований и их обсуждение.** На основе использования ГИС-технологий была создана серия аналитических электронных и печатных карт, отражающих различные аспекты инновационного развития регионов. Примеры этих карт представлены на рисунке 1 (Тесленок и др., 2014). Создание карт осуществлено при помощи ГИС Arc View 3.2 компании ESRI. Для их построения была создана специализированная база данных для ГИС, которая на данном этапе исследования была использована для геоинформационного моделирования диффузии инноваций. Для анализа диффузии инноваций в сельском хозяйстве были использованы методы Монте-Карло и геоинформационные технологии. Моделирование осуществлено при помощи программного комплекса MATLAB R2010a. Для моделей использованы показатели, по которым имеются наиболее длинные временные ряды (13 лет):

созданные (разработанные) передовые производственные технологии (отражающие инновационную креативность регионов) и используемые передовые производственные технологии (отражающие инновационную акцепторность регионов). Результаты геоинформационного моделирования диффузии инноваций были представлены в виде анимированных карт.



а



б

**Рис. 1.** Изменение удельного веса (2014 к 2009 гг.), %

а – затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, выполненных работ, услуг;  
б – организаций, осуществлявших технологические инноваций

На основе анализа диффузии инноваций при помощи ГИС-технологий выявлены объективные закономерности распространения инноваций, используемых в сельском хозяйстве в направлении с одной стороны от крупных научно-технических центров (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Уфа, Барнаул, Саратов), с другой – из районов интенсивного земледелия (Республики Татарстан и Башкортостан, Красноярский край, Московская, Ленинградская, Ростовская, Воронежская области) на периферийные территории преимущественно в восточных и северных частях Европейской России, а также Сибири и Дальнего Востока (Носонов, 2014b).

Использование методов геоинформационного моделирования позволило провести исследования с построением и анализом разной степени сложности геоинформационно-картографических моделей территориальных систем регионального уровня, а так же происходящих в них инновационных процессов для осуществления управления ими и прогнозирования развития региональных инновационных систем. На основе реляционных баз данных сформированы модели базы геоданных или пространственной БД по основным показателям инновационного развития регионов России. При этом были использованы основные функции ГИС: аналитические для работы с базами данных; картометрические; моделирование поверхностей и анализ растровых изображений; выполнения оверлейных операции; районирования (типологии) и др. На основе методов геоинформационного моделирования создана серия электронных карт, отражающие отдельные аспекты инновационного развития регионов России.

Важным этапом исследования является формирование и разработка структуры баз данных специализированной ГИС «Инновации в субъектах Российской Федерации» на основе ГИС Arc View GIS. Исходя из сущности исходных статистических данных, были определены количество, общий перечень, названия и параметры полей атрибутивных таблиц проектируемой ГИС. Предварительно для каждого из анализируемых показателей были созданы файлы с данными временных рядов в разрезе субъектов Российской Федерации. Затем активные листы всех книг были сохранены в формате dBASE IV с целью обеспечения возможности дальнейшей работы с ними в ГИС Arc View GIS и включения в атрибутивные таблицы баз данных специализированной ГИС «Инновации в субъектах Российской Федерации» (Тесленок и др., 2013).

**Выводы.** Применение ГИС-технологий и геоинформационного моделирования позволило выявить пространственно-временные закономерности инновационного развития сельского хозяйства России:

- эволюция сельского хозяйства в процессе исторического развития отражает этапы интенсификации аграрной экономики на основе введения инноваций;
- степень использования нововведений в сельском хозяйстве имеет прямую зависимость от общего уровня инновационного развития территории;
- основной тенденцией развития сельскохозяйственного производства в течение рассматриваемого периода явилось увеличение земельной освоенности территории и расширению в составе обрабатываемых земель кормовых и технических культур, что способствовало усилению животноводческой специализации сельского хозяйства, более восприимчивой к техническим, технологическим и организационно-управленческим инновациям;
- сельскохозяйственные большие циклы, в отличие от промышленных и общеэкономических, более продолжительны и не имеют тенденцию к сокращению в ходе исторического развития в силу инерционности сельского хозяйства;
- на экономическую и инновационную цикличность сельского хозяйства системное воздействие оказывает вся совокупность социально-экономических, природных и организационно-производственных факторов;
- четко выражено сильное влияние на сельскохозяйственные экономические и инновационные циклы природных условий.

*Благодарности.* Исследование выполнено за счет гранта Российского гуманитарного научного фонда (проект № 16-02-00279).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. М.: Издательский центр «Академия», 2005. 480 с.
  2. Носонов А.М. Природные и социально-экономические факторы инновационного развития сельского хозяйства // Известия Смоленского государственного университета. 2014. № 2 (26). С. 306–316.
  3. Носонов А.М. Типология инновационного развития регионов России // European Social Science Journal = Европейский журнал социальных наук. 2014. № 7–2. С. 462–470.
  4. Носонов А.М., Тесленок С.А., Тесленок К.С. Геоинформационное моделирование диффузии инноваций // ИнтерКарто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Белгород: Изд-во БГУ, 2014. С. 151–160.
  5. Тесленок С.А., Тесленок К.С. Математическое и геоинформационное моделирование инновационного развития сельского хозяйства, как основа управления агроландшафтными системами // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем. Гомель, 2013. С. 119–121.
- 

A.M. Nosonov<sup>1</sup>, S.A. Teslenok<sup>2</sup>, N.D. Kulikov<sup>3</sup>

### GEOINFORMATION MODELLING OF INNOVATION DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

**Abstract.** Article is devoted to studying of innovation development of agricultural based on the use of GIS-technologies. Implemented design options and developed a specialized GIS database structure «Innovations in the Russian regions». For the analysis of diffusion of innovations in agricultural industry Monte Carlo methods and geoinformation technologies have been used. On the basis of the analysis of diffusion of innovations by means of these methods objective regularities of distribution of the innovations used in agricultural industry in the direction on the one hand from large scientific and technological centers with another – from areas of intensive agriculture on the peripheral territories mainly in east and northern parts of the European Russia, and also Siberia and the Far East are revealed. Use of methods of geoinformation modeling has allowed to conduct researches with creation and the analysis of different degree of complexity of geoinformation-cartographic models of territorial systems of the regional level, and the innovative processes which are also happening in them for implementation of management of them and forecasting of development of regional innovation systems.

**Key words:** geoinformation modeling, GIS technologies, innovative development, agriculture.

**Acknowledgement.** The study was supported Russian Foundation for Humanities (project № 16-02-00279).

### REFERENCES

1. Kapralov E.G., Koshkarev A.V., Tikunov V.S. Geoinformatika [Geoinformatics]. – Moscow, Publishing center «Akademiya», 2005. 480 p.

---

<sup>1</sup> Mordovian state university of N.P. Ogarev, geographical faculty, chair of physical and social and economic geography, Saransk, 430005, Russia, professor; e-mail: artno@mail.ru.

<sup>2</sup> Mordovian state university of N.P. Ogarev, geographical faculty, chair of geodesy, cartography and geoinformatics, Saransk, 430005, Russia, associate professor; e-mail: teslserg@mail.ru.

<sup>3</sup> Mordovian state university of N.P. Ogarev, economics faculty, chair of economy and organization of production, Saransk, 430005, Russia, professor; e-mail: kulikovnd@yandex.ru.

2. *Nosonov A.M.* Prirodnye i socialno-ehkonomicheskie faktory innovacionnogo razvitiya selskogo hozyajstva [Natural and socio-economic factors of innovation development of agricultural] // *Izvestia of Smolensk state university*. 2014. №. 2(26). Pp. 306–316.

3. *Nosonov A.M.* Tipologiya innovacionnogo razvitiya regionov Rossii [Typology of innovative development of regions of Russia] // *European Social Science Journal*. 2014. № 7–2. Pp. 462–470.

4. *Nosonov A.M., Teslenok S.A., Teslenok K.S.* Geoinformacionnoe modelirovanie diffuzii innovacij [Geoinformation modeling of diffusion of innovations] // *Interkarto/Intergis-20: Steady development of territories: kartografo-geoinformation support*. Belgorod: BGU publishing house, 2014. Pp. 151–160.

5. *Teslenok S.A., Teslenok K.S.* Matematicheskoe i geoinformacionnoe modelirovanie innovacionnogo razvitiya selskogo hozyajstva, kak osnova upravleniya agrolandshaftnymi sistemami [Mathematical and geoinformation modeling of innovative development of agricultural industry as basis of management of agrolandscape systems] // *Strategy and tactics of development of production and economic systems*. Gomel, 2013. Pp. 119–121.

---

УДК 628.11; 004.9

**А.Н. Петин<sup>1</sup>, М.Г. Лебедева<sup>2</sup>, М.А. Петина<sup>3</sup>, В.И. Петина<sup>4</sup>**

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОГО КОММУНАЛЬНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

***Резюме.** Белгородская область принадлежит к числу регионов с ограниченными ресурсами местного поверхностного и подземного стока при крайне высоком уровне сельскохозяйственного, промышленного и коммунально-бытового водопотребления. Грунтовые воды являются единственным в Белгородской области источником питьевой воды, снабжения водой бытового сектора и промышленности. Авторы предлагают структуру интегрированной информационной поддержки выработки решений при мониторинге грунтовых вод в Белгородской области в интегрированном управлении водными ресурсами.*

*Информационной основой исследования явились материалы Белгородского территориального центра государственного мониторинга геологической среды и водоёмов. Авторы использовали стандартные программные средства (MS Excel, Statistica, InterBase, Delphi), а также оригинальное программное обеспечение, разработанное для оценки гидрологических и гидрохимических характеристик естественных и потенциальных водных ресурсов.*

*Результаты работ являются основой для оценки гидроэкологического статуса поверхностных и грунтовых вод в регионе и позволяют выработать меры по защите окружающей среды в регионе на региональном, бассейновом уровнях, либо на уровне отдельных административных районов.*

***Ключевые слова:** рациональное вододопользование, гидроэкологический режим, антропогенная нагрузка, геоинформационное обеспечение.*

---

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», Белгород, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; e-mail: petin@bsu.edu.ru.

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», Белгород, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; e-mail: lebedeva\_m@bsu.edu.ru.

<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», Белгород, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; e-mail: petina\_m@bsu.edu.ru.

<sup>4</sup> ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ «БелГУ», Белгород, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85; e-mail: petina@bsu.edu.ru.