

Геоинформационная модель для оценки воздействия животноводческой отрасли на окружающую среду Белгородской области

В. В. Киселев¹✉, А. Г. Корнилов², П. В. Голеусов², Я. В. Выродова²

¹Белгородский университет кооперации, экономики и права, Российская Федерация
(308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116а)

²Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
Российская Федерация
(308015, г. Белгород, ул. Победы, 85)

Аннотация: Цель исследования – применение современных ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования Земли для оценки воздействия животноводческой отрасли Белгородской области на окружающую природную среду.

Материалы и методы. При выполнении работы использовалась среда современного программного обеспечения ArcGIS 10.4.1. При создании картограмм был применён инструмент «плотность ядер» и другие приёмы геоинформационного картографирования.

Результаты и обсуждение. В ходе выполнения работы и создания геоинформационных ресурсов были картографированы объекты животноводческих комплексов с последующим моделированием уровня антропогенной нагрузки отходов животноводческого производства на территорию Белгородской области. С помощью инструментов геоинформационного картографирования по данным дистанционного зондирования через площадные характеристики показана возможность устанавливать интегральные показатели производственной мощности животноводческих комплексов.

Выводы. Результат исследования показывает обоснованность и перспективность использования геоинформационных технологий в исследованиях животноводческой отрасли. Также подтверждена практическая польза данного направления исследований для Белгородской области в контексте реализации политики устойчивого развития региона.

Ключевые слова: животноводческий комплекс, ГИС-технологии, геоинформационное картографирование, интенсивное животноводство, устойчивое развитие, данные дистанционного зондирования Земли.

Для цитирования: Киселев В. В., Корнилов А. Г., Голеусов П. В., Выродова Я. В. Геоинформационная модель для оценки воздействия животноводческой отрасли на окружающую среду Белгородской области // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2023, № 3, с. 122-131. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/122-131>

ВВЕДЕНИЕ

Технологии интенсивного (промышленного) животноводства используются во многих развивающихся странах мира и являются перспективными для территории России. Необходимость их внедрения обуславливается спросом на увеличение объемов сельскохозяйственного производства и повышением продовольственной безопасности страны. Интенсивное животноводство позволяет существенно повысить количество производимой

продукции, при этом использование природных ресурсов в процессе животноводческой деятельности также значительно увеличивается.

Функционирование крупных животноводческих комплексов негативно сказывается на экологической обстановке прилегающих к ним территорий. Более того, зачастую объекты животноводческого производства имеют большее поголовье, чем планируется при их проектировании. Вследствие этого технологии и очистные сооружения, перера-



бывающие отходы животноводства, рассчитанные на определенную мощность, не справляются с повышенным содержанием отходов. В результате более 70% навоза накапливается, вызывая загрязнение окружающей среды. Загрязняются подземные и поверхностные воды, почвенный покров, прилегающие лесополосы. Деятельность животноводческого производства может создавать ощутимый дискомфорт для местного населения. Это является значительной проблемой для сравнительно небольшой территории Белгородской области, где высокая плотность размещения животноводческих площадок может носить критический характер для близлежащих экосистем. Данная проблема наиболее актуальна для бассейнов малых рек региона, в которых сосредоточены производственные площадки животноводства.

К сожалению, в настоящий момент научное сопровождение данной проблемы носит довольно ограниченный характер. Поэтому сейчас актуальна разработка новых методов и подходов к экологическому мониторингу территорий, занятых животноводческими комплексами, которые позволят оценивать и прогнозировать развитие экологической ситуации и своевременно предпринимать меры по ликвидации негативных последствий для экосистем [7, 9].

Начальный этап подобного систематического мониторинга требует подготовки и оценки общей ситуации посредством использования современных геоинформационных и геодистанционных технологий, позволяющим оценить пространственное распределение животноводческого производства и уровень его воздействия на окружающую среду, как на отдельных очаговых участках, так и на региональном уровне в целом [2, 6, 8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Первоначальный этап исследования включает в себя выявление муниципальных районов Белгородской области, наиболее подверженных воздействию животноводческой отрасли. Для этого используются информационно-аналитические материалы (общего доступа) по поголовью животных, которые получены в территориальном органе федеральной службы государственной статистики по Белгородской области (Белгродстат). Далее на их основе строятся карты животноводческой нагрузки на территорию Белгородской области (рис. 1, 2), отражающие численность животных в каждом муниципальном районе региона.

Основная масса свиноводческих комплексов расположена в центральной части Белгородской области. Лидерами области по развитию свино-

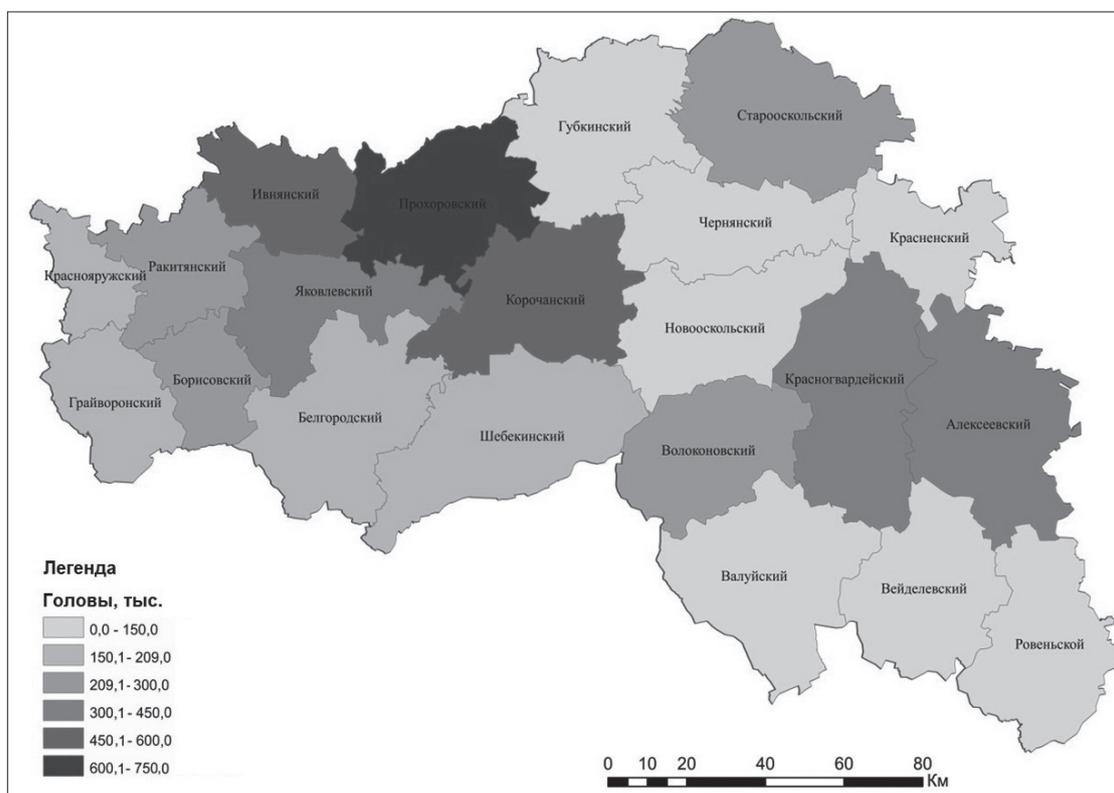


Рис. 1. Поголовье свиней на территории Белгородской области
[Fig. 1. The number of pigs in the Belgorod region]

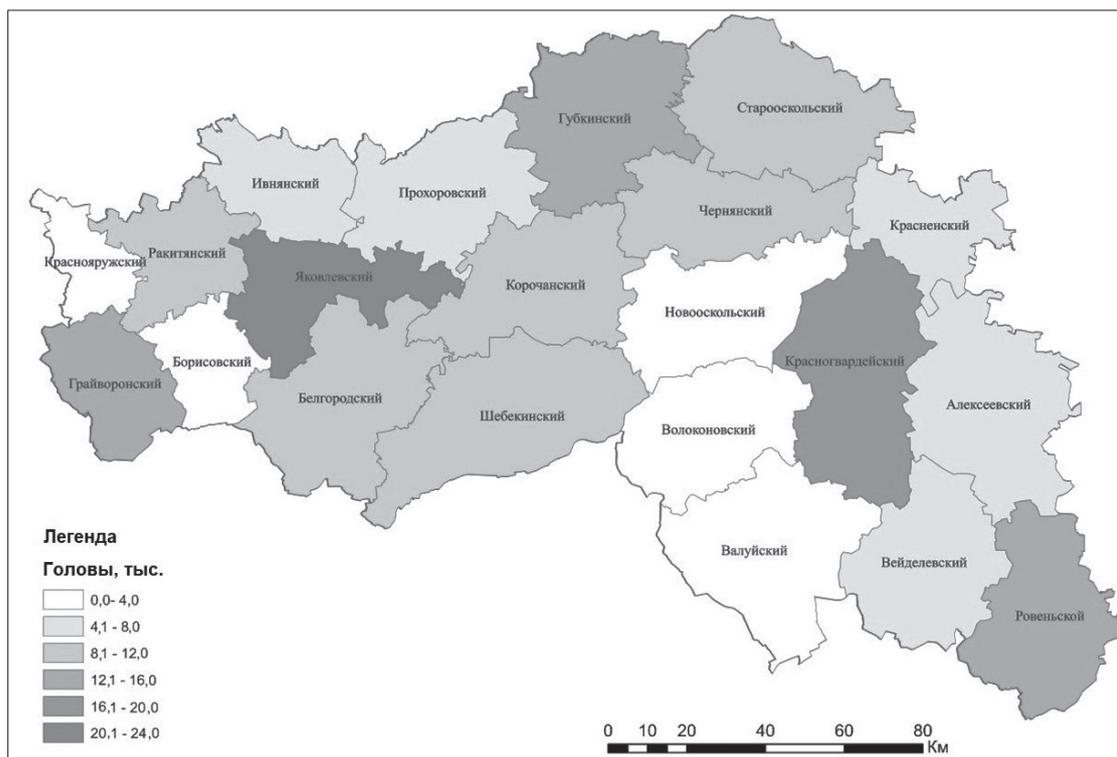


Рис. 2. Поголовье КРС на территории Белгородской области
 [Fig. 2. The number of cattle on the territory of the Belgorod region]

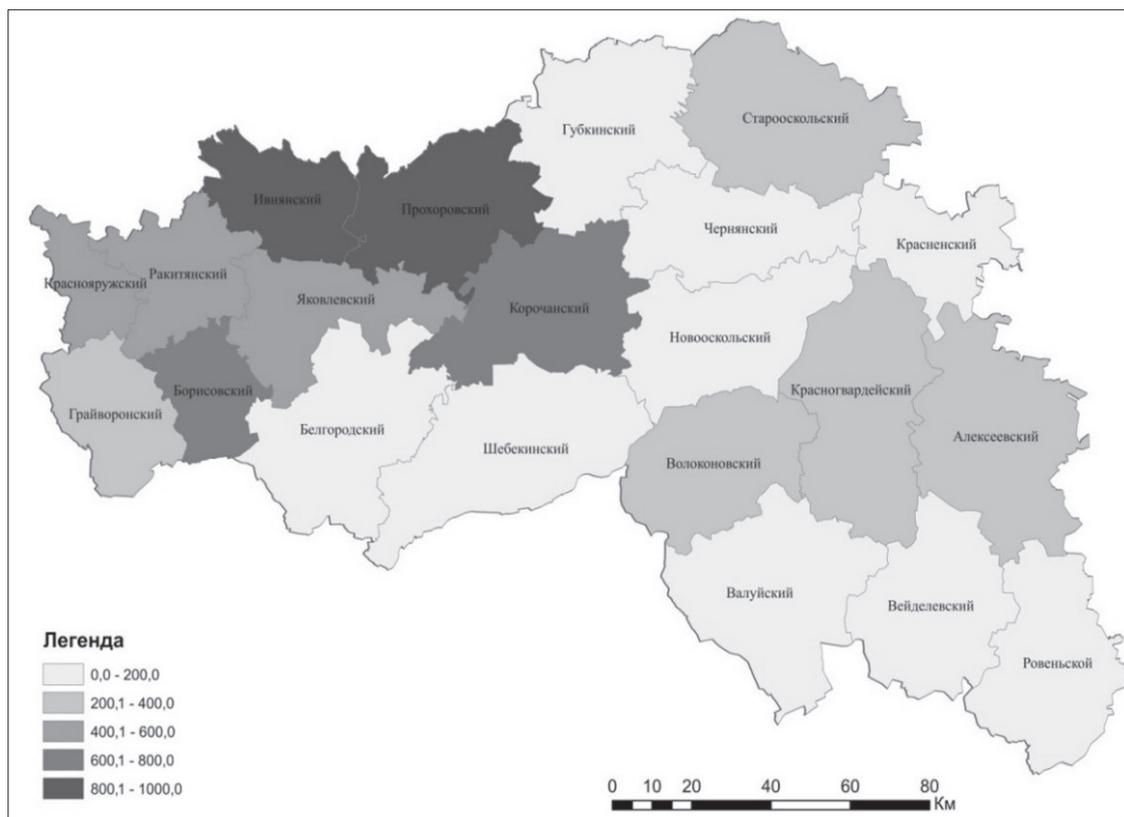


Рис. 3. Территориальная нагрузка отходов свиноводства (т/км² в год)
 в районах Белгородской области
 [Fig. 3. Territorial load of pig waste (t/km² per year) in the districts of the Belgorod region]

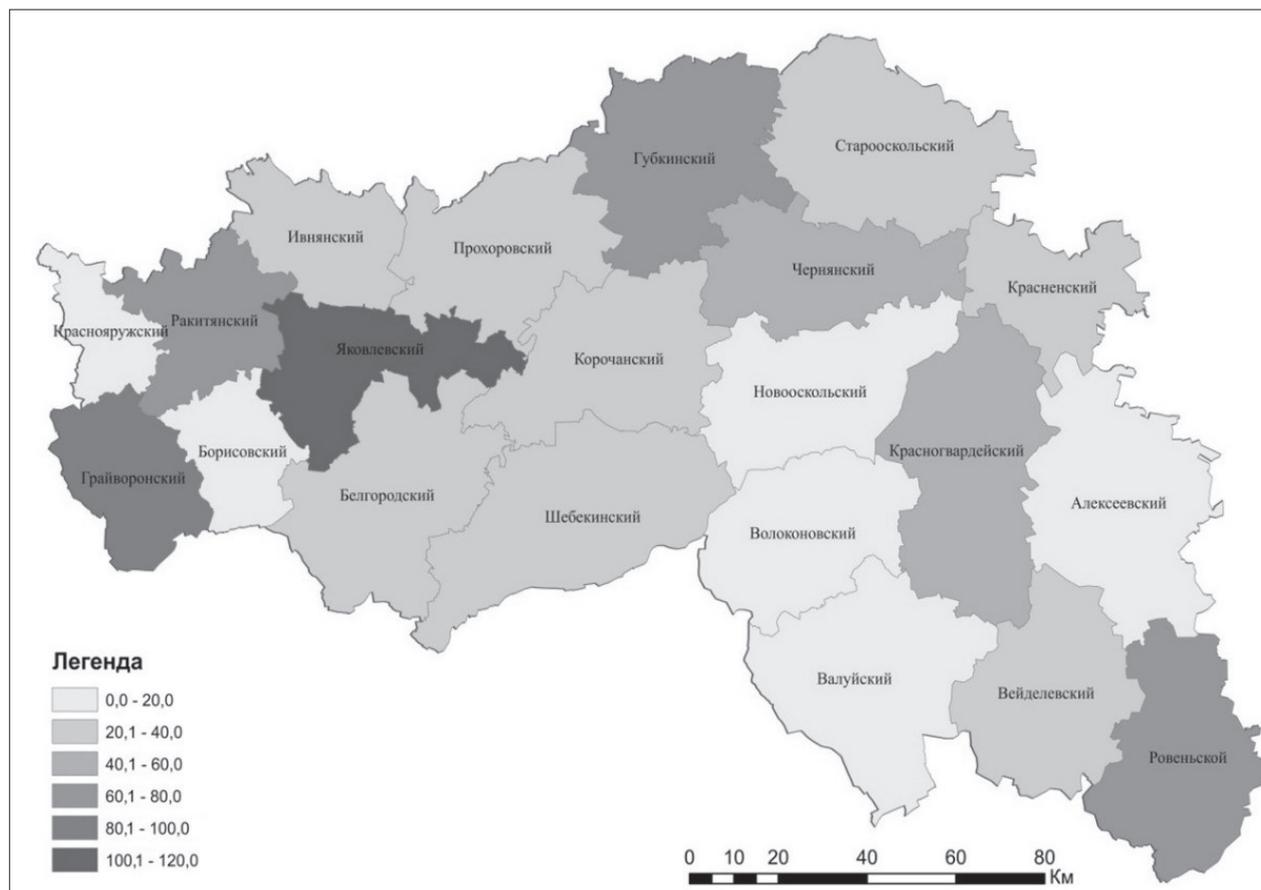


Рис. 4. Территориальная нагрузка отходов КРС (t/km^2) в районах Белгородской области
 [Fig. 4. Territorial load of cattle waste (t/km^2) in the districts of the Belgorod region]

водческой отрасли являются Прохоровский район с поголовьем более 700 тыс. свиней, Корочанский район – более 500 тыс. голов, а также Ивнянский район, где поголовье свиней составляет более 450 тыс. голов [5]. Значительное поголовье свиней сконцентрировано на предприятиях в Красногвардейском и Алексеевском районах.

Лидерами Белгородской области по развитию сельхозпредприятий крупного рогатого скота (КРС) являются Яковлевский район с поголовьем более 20 тыс. голов, Губкинский городской округ – 16 тыс. голов, а также Ровеньский район с поголовьем КРС более 15 тыс. голов.

Общее количество животных на территории муниципалитетов региона ложится в основу расчёта показателей выхода отходов животноводства. За основу берётся усреднённый показатель количества отходов с одной условной головы. В среднем для типового свиноводческого комплекса Белгородской области в пересчёте на одну условную голову выход навоза, по нашим расчётам, составляет 4,8 кг, для КРС – 16,8 кг [3, 4]. Расчетные значения распределения отходов животноводче-

ского производства на территории Белгородской области представлены на рисунках 3 и 4.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Идентификация мест размещения животноводческих площадок на территории Белгородской области проводится с использованием методов дистанционного зондирования Земли на снимках высокого разрешения, после чего строится карта расположения объектов животноводческой отрасли на исследуемой территории. Пример расположения производственных площадок в Корочанском районе Белгородской области представлен на карте рисунка 5.

Помимо использования данных официальной статистики, для выявления поголовья животных на отдельных типовых животноводческих площадках, был применён метод расчета интегральных показателей производственной мощности животноводческих комплексов на основе их площадных характеристик.

Схема типового современного свиноводческого комплекса на территории Белгородской области представлена на космо-снимке рисунка 6.



Рис. 5. Размещение животноводческих площадок на территории Корочанского района
[Fig. 5. Placement of livestock sites on the territory Korochansky district]



Рис. 6. Типовая схема площадки свиноводческого комплекса на территории Корочанского района Белгородской области. 1 – лагуны для жидкой фракции навоза, 2 – вольер для выгула животных, 3 – помещения для содержания свиней, 4 – подсобные помещения

[Fig. 6. A typical scheme of the site of a pig breeding complex on the territory of the Korochansky district of the Belgorod region. 1 – Lagoons for the liquid fraction of manure, 2 – An aviary for walking animals, 3 – Premises for keeping pigs, 4 – Utility rooms]

С помощью инструментов ArcGIS на снимках высокого разрешения производится измерение площадных характеристик типовой животноводческой площадки. Получены следующие усреднённые площади типовых объектов свиноводческого производства на территории Белгородской области (объем выборки $N=19$): 1) площадь площадки в целом (га): $7,2 \pm 0,5$; 2) площадь производственных помещений (га): $3,8 \pm 0,8$; 3) площадь лагун (га): $3,3 \pm 0,4$.

При нормативе содержания животных на типовой свиноводческой площадке (1 условная голова на 1 м^2) полученные результаты общего поголовья на площадке с незначительной погрешностью $\pm 10\%$ отличаются от официальных статистических данных. Это позволяет определить уровень антропогенной нагрузки животноводческого производства на локальные исследуемые территории, не имея в наличии необходимой статистической базы по поголовью животных.

В дальнейшем применяется методика балльной оценки интенсивности воздействия животноводческого производства на исследуемую территорию. В основе методики лежит анализ плотно-

сти объектов, выполняемый с помощью инструмента ArcGIS – «Плотность ядер». В основе функции ядра лежит функция квартетного ядра [10].

Указание поля величины «Вес», который был установлен нами как объем отходов, определяет количество подсчетов точки, тем самым показывая нагрузку не только по количеству площадок, но и учитывая поголовье животных на них.

Результаты представлены в виде грида, классификация которого на 6 типов позволяет выделить нагрузку в баллах, где 1 балл соответствует показателю нагрузки до 1000 кг/км^2 стоков животноводческого производства (рис. 7, 8).

Данный метод распределяет явления по поверхности, определяя величину исследуемого явления в каждом местоположении и пространственном отношении местоположений измеряемых величин. В результате рассчитывается плотность размещения площадок животноводческих комплексов с учётом объёма отходов на каждой из них, что позволяет оценить потенциальную степень антропогенного воздействия со стороны отходов животноводческого производства на локальных исследуемых участках, а также смоделировать условное размещение

отходов животноводческого производства в пределах исследуемой территории.

Результат моделирования, представленный на карте рисунка 7, отражает уровни воздействия животноводческого производства на исследуемой территории в отношении среднегодовых атмосферических потоков, поступающих в атмосферный воздух, а также транспортировки отходов на поля запахивания.

Для того, чтобы оценить степень воздействия животноводства в отношении гидрохимических потоков, поступающих в водную среду, предыдущий результат был адаптирован с учетом границ водосборных площадей, на которых расположены животноводческие комплексы. Результат представлен на карте рисунка 8, где показано распределение отходов животноводческого производства в пределах водосборных бассейнов.

Полученные результаты позволяют производить оперативный предварительный мониторинг негативных факторов воздействия на природные экоси-

стемы со стороны животноводческого производства. Также они могут служить основой для дальнейших комплексных исследований в рамках геоэкологического мониторинга экосистем в районах с масштабным развитием животноводческой отрасли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геоинформационные и геодистанционные методы исследования играют важную роль при планировании исследований животноводческой отрасли, а также для оценки потенциального негативного воздействия животноводства на окружающую среду. Использование инструментов ArcGIS в совокупности с данными дистанционного зондирования Земли позволяет установить интегральные показатели производственной мощности животноводческой площадки (количество голов, объем отходов), что даёт возможность достоверно оценить предварительный уровень их воздействия на природные экосистемы. Расчет производится через площадные характеристики животноводческих комплексов в

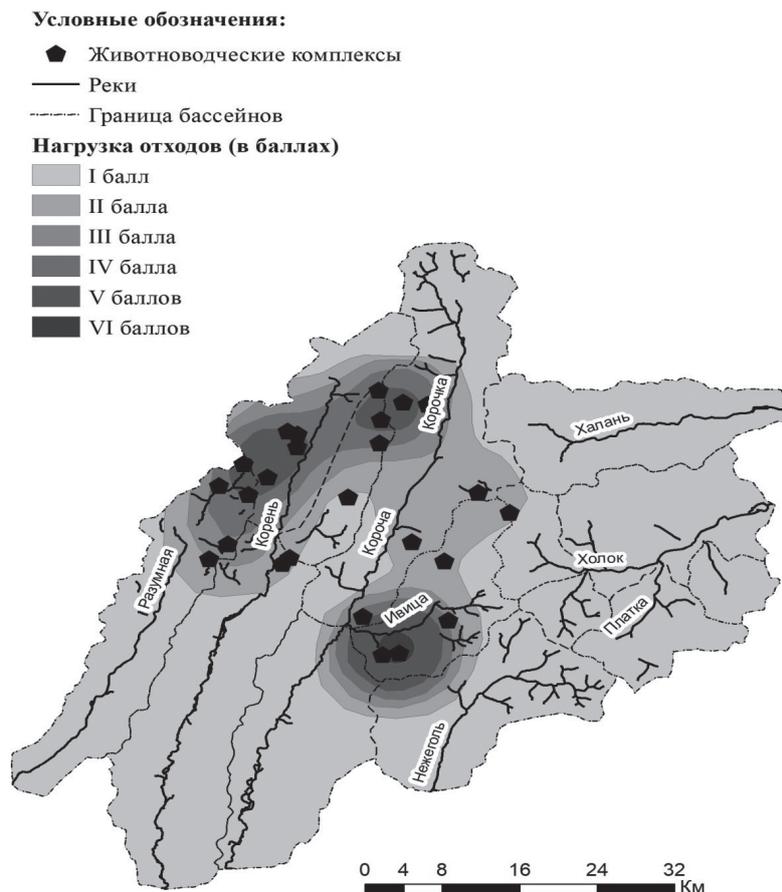


Рис. 7. Нагрузка отходов животноводства на территорию Корочанского района Белгородской области, баллы (I балл = 1000 кг/км²)

[Fig. 7. Load of animal husbandry waste on the territory of the Korochansky district of the Belgorod region, points (I point = 1000 kg/km²)]

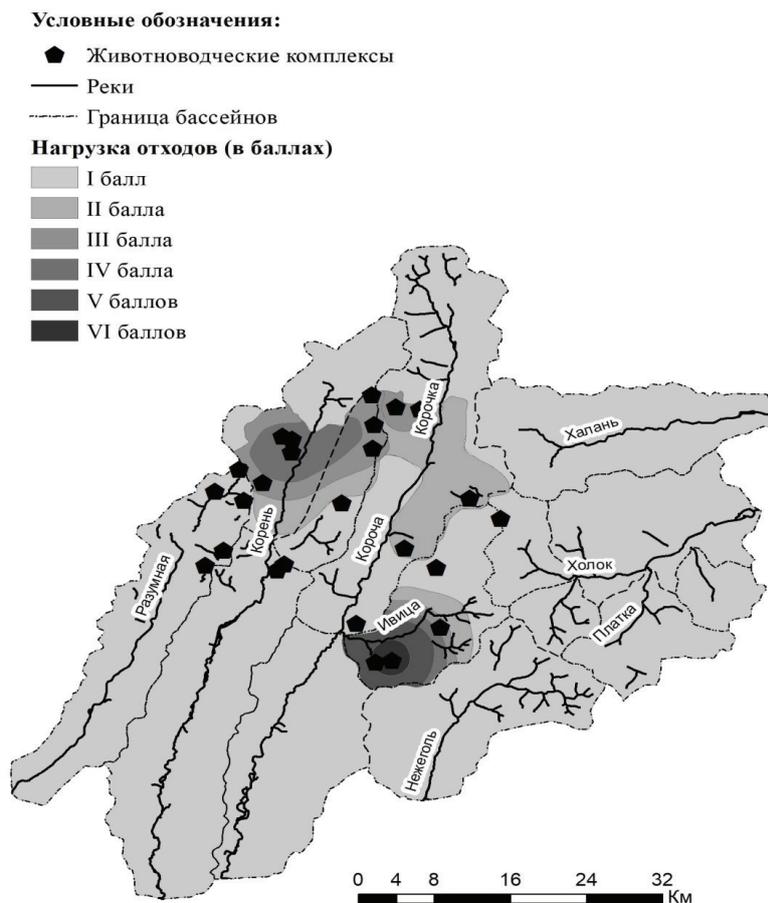


Рис. 8. Нагрузка отходов животноводства по бассейновым структурам Корочанского района Белгородской области, баллы (I балл = 1000 кг/км²)
 [Fig. 8. Load of animal husbandry waste by basin structures of the Korochansky district of the Belgorod region, points (I point = 1000 kg/km²)]

соответствии с нормативом размещения поголовья в производственных помещениях. Применение ГИС-технологий и материалов дистанционного зондирования позволяет картографировать объекты животноводческих комплексов на локальных участках с последующим моделированием уровня антропогенной нагрузки отходов животноводческого производства на исследуемую территорию.

Разработанная геоинформационная модель для исследования животноводческой отрасли может быть использована в ходе региональных геоэкологических исследований, обосновании мероприятий по оптимизации качества окружающей среды и рационального природопользования, а также планирования и реализации региональной экологической политики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Географический атлас Белгородской области: природа, общество, хозяйство» как информационная основа реализации политики устойчивого развития региона / М.Г. Лебедева, А.Г. Корнилов, М.А. Петина, Т.Н. Вендина // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*, 2021, т. 27, № 2, с. 75-88.

2. Епринцев С.А. Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Чернозёмного региона // *Региональные геосистемы*, 2022, т. 46, № 3, с. 398-409.

3. Киселев В.В., Корнилов А.Г. Геоэкологические аспекты развития современного интенсивного свиноводства на территории Белгородской области // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 2019, т. 43, № 1, с. 98-108.

4. Курепина В.А., Киселев В.В., Корнилов А.Г. Геоэкологические аспекты развития современного животноводства на территории Алексеевского и Красногвардейского районов Белгородской области // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*, 2019, т. 43, № 4, с. 425-437.

5. *Фондовые материалы Федеральной службы государственной статистики по Белгородской области.* – URL: <https://belg.gks.ru/> (дата обращения: 15.01.2021). – Текст: электронный.

6. Ямашкин А.А., Зарубин О.А., Ямашкин С.А. Цифровые технологии анализа геопространственных данных для целей устойчивого развития региона: опыт

Мордовского университета // *Московский экономический журнал*, 2022, № 7 (5), с. 335-352.

7. Basin-Scale Approach to Integration of Agro-and Hydroecological Monitoring for Sustainable Environmental Management: A Case Study of Belgorod Oblast, European Russia / Z. Buryak, F. Lisetskii, A. Narozhnyaya et al. // *Sustainability*, 2022, vol. 14, no 2.

8. Geoinformation methods for development of intensive animal husbandry in catchment basins of small rivers in the Belgorod Region / V. V. Kiselev, Y. V. Pavlyuk, A. G. Kornilov, Zh. A. Buryak // *Indian Journal of Ecology*, 2021, vol. 48, no 3, pp. 760-765.

9. New opportunities of geoplanning in the rural area with the implementing of geoinformational technologies

and remote sensing / F. N. Lisetskii, A. V. Zemlyakova, E. A. Terekhin et al. // *Advances in Environmental Biology*, 2014, vol. 8, no. 10, pp. 536-539.

10. Silverman B. W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Monographs on Statistics and Applied Probability*. New York: Chapman and Hall, 1986. 187 p.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 17.01.2023

Принята к публикации 04.09.2023

UDC 912.43, 636

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/122-131>

Geoinformation Model for Assessing the Impact of the Livestock Industry on the Environment of the Belgorod Region

V. V. Kiselev¹✉, A. G. Kornilov², P. V. Goleusov², Ya. V. Vyrodova²

¹Belgorod University of Cooperation, Economics and Law,
Russian Federation
(116a, Sadovaya Str., Belgorod, 308023)

²Belgorod State National Research University, Russian Federation
(85, Pobedy Str., Belgorod, 308015)

Abstract: The purpose of the study – the use of modern GIS technologies and Earth remote sensing materials to assess the impact of the livestock industry of the Belgorod region on the environment.

Materials and methods. When performing the work, the environment of modern ArcGIS 10.4.1 software was used. When creating cartograms, the "core density" tool and other geoinformation mapping techniques were used.

Results and discussion. In the course of the work and the creation of geoinformation resources, objects of livestock complexes were mapped with subsequent modeling of the level of anthropogenic load of livestock production waste on the territory of the Belgorod region. With the help of geoinformation mapping tools based on remote sensing data through areal characteristics, it is shown that it is possible to establish integral indicators of the production capacity of livestock complexes.

Conclusions. The result of the study shows the validity and prospects of the use of geoinformation technologies in the research of the livestock industry. The practical benefits of this research area for the Belgorod region in the context of the implementation of the sustainable development policy of the region are also confirmed.

Key words: livestock complex, GIS technologies, geoinformation mapping, intensive animal husbandry, sustainable development, Earth remote sensing data.

For citation: Kiselev V. V., Kornilov A. G., Goleusov P. V., Vyrodova Ya. V. Geoinformation model for assessing the impact of the livestock industry on the environment of the Belgorod region. *Vestnik Voronezskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografya. Geoekologiya*, 2023, no. 3, pp. 122-131. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2023/3/122-131>

REFERENCES

1. «Geograficheskiy atlas Belgorodskoy oblasti: priroda, obshchestvo, khozyaystvo» kak informatsionnaya osnova re-

alizatsii politiki ustoychivogo razvitiya regiona [«Geographical Atlas of the Belgorod region: nature, society, economy» as an information basis for the implementation of the sus-

© Kiselev V. V., Kornilov A. G., Goleusov P. V., Vyrodova Ya. V., 2023

✉ Vladislav V. Kiselev, e-mail: kiselev_v@bsu.edu.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

tainable development policy of the region] / M.G. Lebedeva, A.G. Kornilov, M.A. Petina, T.N. Vendina. *InterKarto. InterGIS*, 2021, vol. 27, no. 2, pp. 75-88. (In Russ.)

2. Eprintsev S.A. Geoinformatsionno-analiticheskaya otsenka ekologicheskoy bezopasnosti gorodov Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [Geoinformation and analytical assessment of environmental safety of cities of the Central Chernozem region]. *Regional'nye geosistemy*, 2022, vol. 46, no. 3, pp. 398-409. (In Russ.)

3. Kiselev V.V., Kornilov A.G. Geoekologicheskie aspekty razvitiya sovremennogo intensivnogo svinovodstva na territorii Belgorodskoy oblasti [Geocological aspects of the development of modern intensive pig breeding in the Belgorod region]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki*, 2019, vol. 43, no. 1, pp. 98-108. (In Russ.)

4. Kurepina V.A., Kiselev V.V., Kornilov A.G. Geoekologicheskie aspekty razvitiya sovremennogo zhivotnovodstva na territorii Alekseevskogo i Krasnogvardeyskogo rayona v Belgorodskoy oblasti [Geocological aspects of the development of modern animal husbandry on the territory of the Alekseevsky and Krasnogvardeysky districts of the Belgorod region]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki*, 2019, vol. 43, no. 4, pp. 425-437. (In Russ.)

5. Stock materials of the Federal State Statistics Service for the Belgorod region. – URL: <https://belg.gks.ru/> (accessed 15.01.2021). – Text: electronic. (In Russ.)

6. Yamashkin A.A., Zarubin O.A., Yamashkin S.A. Tsifrovyye tekhnologii analiza geoprostranstvennykh dan-

nykh dlya tseley ustoychivogo razvitiya regiona: opyt Mordovskogo universiteta [Digital technologies of geospatial data analysis for the purposes of sustainable development of the region: the experience of the University of Mordovia]. *Moskovskiy ekonomicheskyy zhurnal*, 2022, no. 7 (5), pp. 335-352. (In Russ.)

7. Basin-Scale Approach to Integration of Agro-and Hydroecological Monitoring for Sustainable Environmental Management: A Case Study of Belgorod Oblast, European Russia / Z. Buryak, F. Lisetskii, A. Narozhnyaya et al. *Sustainability*, 2022, vol. 14, no 2.

8. Geoinformation methods for development of intensive animal husbandry in catchment basins of small rivers in the Belgorod Region / V.V. Kiselev, Y.V. Pavlyuk, A.G. Kornilov, Zh.A. Buryak. *Indian Journal of Ecology*, 2021, vol. 48, no 3, pp. 760-765.

9. New opportunities of geoplanning in the rural area with the implementing of geoinformational technologies and remote sensing / F.N. Lisetskii, A.V. Zemlyakova, E.A. Terekhin et al. *Advances in Environmental Biology*, 2014, vol. 8, no. 10, pp. 536-539.

10. Silverman B.W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis. Monographs on Statistics and Applied Probability*. New York: Chapman and Hall, 1986. 187 p.

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 17.01.2023

Accepted: 04.09.2023

Киселев Владислав Викторович

кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры естественнонаучных дисциплин Белгородского университета кооперации, экономики и права, г. Белгород, Российская Федерация, ORCID: 0009-0000-7390-4877, e-mail: vladislav_kiselev_93@mail.ru.

Корнилов Андрей Геннадьевич

доктор географических наук, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-9189-8965, e-mail: kornilov@bsu.edu.ru.

Голусов Павел Вячеславович

доктор географических наук, профессор кафедры природопользования и земельного кадастра, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-9882-8142, e-mail: goleusov@bsu.edu.ru.

Выродова Ярослава Валерьевна

кандидат географических наук, доцент кафедры географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности Института наук о Земле Белгородского государственного национального исследовательского университета, г. Белгород, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-4931-2756, e-mail: pavlyuk@bsu.edu.ru.

Vladislav V. Kiselev

Cand. Sci. (Geogr.), Senior Lecturer at the Department of Natural Sciences of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod, Russian Federation, ORCID: 0009-0000-7390-4877, e-mail: vladislav_kiselev_93@mail.ru.

Andrey G. Kornilov

Dr. Sci. (Geogr.), Head of the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9189-8965, e-mail: kornilov@bsu.edu.ru.

Pavel V. Goleusov

Dr. Sci. (Geogr.), Prof. at the Department of Environmental Management and Land Cadastre, Belgorod National Research University, Belgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-9882-8142, e-mail: goleusov@bsu.edu.ru.

Yaroslava V. Vyrodova

Cand. Sci. (Geogr.), Assoc. Prof. at the Department of Geography, Geoecology and Life Safety of the Institute of Earth Sciences of the Belgorod National Research University, Belgorod, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-4931-2756, e-mail: pavlyuk@bsu.edu.ru.