

УДК 528.94; 911.52; 504.054; 504.064

**Н. К. Чертко**, докт. геогр. наук, профессор,  
**А. А. Карпиченко**, канд. геогр. наук, доцент,  
кафедра почвоведения и земельных информационных систем,  
географический факультет, Белорусский государственный университет,  
пр. Независимости, 4, Минск, 220030, Беларусь  
karpi@bsu.by

## ИССЛЕДОВАНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА СОВРЕМЕННЫЕ ЛАНДШАФТЫ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Рассмотрена территориальная дифференциация техногенной нагрузки в пределах Белорусского Полесья. На основании литературных данных и материалов собственных исследований составлена серия карт техногенной нагрузки на современные ландшафты Белорусского Полесья. Установлено увеличение нагрузки с северо-востока на юго-запад Полесья. Для лесохозяйственных и природоохранных типов ландшафтов характерны заметно меньшие значения величины техногенной нагрузки, без существенной пространственной дифференциации.

**Ключевые слова:** техногенная нагрузка, ландшафт, Белорусское Полесье, ГИС-картографирование, техногенез.

### ВВЕДЕНИЕ

Деятельность человека в настоящее время является одним из основных факторов изменения ландшафтной среды, при этом антропогенное влияние характеризуется существенной пространственной неоднородностью, в связи с чем степень преобразования геосистем неодинакова, что вызывает необходимость ее изучения и оценки. В результате производственной деятельности человека ландшафты испытывают техногенную нагрузку, которая, с точки зрения геохимии ландшафта, определяется суммарной величиной поступления вещества и энергии в ландшафт за единицу времени. Наибольшая доля вещества поступает в современные ландшафты в результате сельскохозяйственной деятельности (внесение удобрений, мелиорантов, пестицидов и т. д.), меньшая часть выпадает в виде пыли различного происхождения.

Атмосфере присуща высокая подвижность, изменчивость компонентов, специфика физико-химических процессов. Большинство примесей в атмосфере под воздействием техногенеза находится в восстановленной форме или в виде оксидов с низкой степенью окисления:  $H_2S$ ,  $NO$ ,  $NH_4$ ,  $CO$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ,  $SO_2$  и др. Возвращаемые с осадками на поверхность ландшафта примеси представлены в основном соединениями высокой и высшей валентности: нитраты, сульфаты, карбонаты и т. д. Местами выпадают кислотные дожди, которые формируются при выносе в атмосферу соединений серы и азота, галогеносодержащих со-

единений. Высокую степень токсичности для живых организмов представляют галогеносодержащие органические вещества – диоксины, бифенилы, полициклические ароматические углеводороды, пестициды и др. Химический состав атмосферных осадков отражает уровни круговорота веществ в природе.

*Цель исследования* заключается в изучении и картографировании техногенной нагрузки на ландшафты в пределах Белорусского Полесья.

*Объект исследования* – современные ландшафты Белорусского Полесья, *предмет* – техногенная нагрузка.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Современные природные ландшафты Белорусского Полесья освоены неравномерно, наибольшие площади ими заняты в южной части Полесья, где местами достигают площади более 60 %. Они представлены лесами, лугами и болотами и удалены от населенных пунктов. Промышленно развитых центров мало, поэтому степень загрязнения под воздействием техногенеза через атмосферу незначительная, даже с учетом космической пыли. Более сложная ситуация складывается с минеральным остатком, выпадающим с осадками, в связи с чем нами была разработана специальная методика по выявлению выпадения пыли и минерального остатка с осадками для природных ландшафтов.

Прежде всего, требовалось разграничить количество дней с осадками в год наблюдения и количество дней без осадков, рассчитать для них отдельно сумму по выпавшей пыли и минерального остатка в осадках. Карты составлялись исходя из следующих особенностей в пределах исследуемого региона.

Метеостанций по учету минерального остатка в Белорусском Полесье мало (Гомель, Мозырь, Жлобин, Пинск, Брест, Пружаны) и они не совпадают с нашими точками наблюдения за выпадающей пылью (Брест, Малорита, Кобрин, Детковичи, Телеханы, Ивацевичи, Пинск, Пружаны, Лунинец, Любань, Светлогорск, Жлобин, Буда-Кошелево, Гомель), поэтому для выявления суммарного выпадения пыли и минерального остатка для природных ландшафтов Белорусского Полесья требовалось составление самостоятельных карт:

- по учету суммарной пыли за год в точках отбора и последующем проведении изолиний;
- по учету суммарного минерального остатка за год, выпавшего с атмосферными осадками с последующим проведением изолиний.
- итоговая карта (пыль + минеральный остаток).

При расчетах учитывалось количество дней с осадками в году для минерального остатка и количество дней без осадков для пыли.

Экспозиция по учету пыли проводилась в солнечную погоду при слабом ветре чаще после дождя в течение суток. Исключалось попадание почвенной пыли на экспозиционный лист шероховатой бумаги размером 20×20 см. После взвешивания листа до и после экспозиции вычислялось количество пыли на квадратный километр.

Картографирование техногенной нагрузки на ландшафты Полесья производилось по ранее разработанной методике [1], с учетом внесения удобрений, известкования, выпадения пыли природного, техногенного и космического происхождения, а также веществ, выпадающих на поверхность с атмосферными осадками.

Построение карт производилось с использованием программных комплексов ESRI ArcView и ESRI ArcGIS. Картографирование включало в себя создание базы геоданных, привязку растровых данных, в качестве которых использовался ряд карт из Национального атласа Беларуси [2]. Создание базы данных проекта в ArcGIS состояло из трех шагов. Это проектирование базы данных, ввод и загрузка данных в базу и управление базой данных. Первое включало определение пространственных данных, которые потребуются в дальнейшем, на основании требований выполняемого проекта, указание необходимых атрибутов объектов, установка границ исследуемой области и выбор системы координат. Второе – оцифровку и преобразование данных из других систем и форматов в используемый формат, а также проверку данных и исправление ошибок. Третье подразумевало проверку системы координат и соединение соседних слоев.

Изучение техногенной нагрузки показало высокую контрастность и, местами, значительную дискретность ее распределения, особенно ярко проявляющуюся между сельскохозяйственными и природоохранными землями. Поэтому в качестве картографической основы решено было использовать карту типов современных ландшафтов, учитывающую текущее их использование [3]. Используя модуль Spatial Analyst, была построена карта техногенного давления в разрезе типов современных ландшафтов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования выпадения пыли проводили в течение трех лет (2011–2013 гг.), сначала в агроландшафтах, затем в природных и городских ландшафтах. Поскольку в период наблюдений часто выпадали осадки, то атмосфера была в достаточной степени очищена, и в погодные дни после осадков при отсутствии почвенной пыли по всем точкам наблюдений результаты суточного выпадения пыли показали близкие значения.

На основании составленных карт установлено, что техногенная нагрузка на агроландшафты Полесья в разрезе административных районов, отличается пространственной неоднородностью и колеблется в достаточно широком диапазоне: от 6,3 т/га в Ганцевичском районе до 17,6 т/га в Малоритском районе Брестской области. Почти трехкратная разница может быть связана, в первую очередь, со свойствами почв (кислотность, содержание гумуса, гранулометрический состав, физико-химические свойства) и структурой почвенного покрова (соотношение площадей песчаных и суглинистых, минеральных и торфяных почв). Кроме того, большое значение имеет специализация растениеводства, структура севооборота, экономическое состояние сельскохозяйственных предприятий и наличие крупных животноводческих комплексов.

В результате наименьшая величина техногенной нагрузки (менее 7,5 т/га) наблюдается в районах со значительной долей осушенных торфяных почв – в Ганцевичском, Октябрьском, Наровлянском и Житковичском районах. В большинстве районов восточной части Полесья отмечается относительно небольшая техногенная нагрузка, несколько повышенные ее значения для Хойникского и Брагинского районов, вероятно, связаны с существенной долей земель, загрязненных радионуклидами, для которых определены более высокие дозы внесения химических мелиорантов.

Для ряда районов западной части Полесья (Столинский, Ивановский, Березовский, Дрогичинский) характерны повышенные нагрузки на агроландшафты (12,1 и более т/га в год). При этом наибольший вклад в антропогенную нагрузку здесь вносят органические удобрения, дозы которых в Малоритском районе почти на 2 тонны превышают оптимальные значения. Последний случай подтверждается и данными агрохимических обследований [4], согласно которым средневзвешенное содержание гумуса для района составляет 3 %, что является высоким показателем для песчаных, в значительной мере осушенных почв и, при определенных условиях, может вести к загрязнению окружающей среды.

При рассмотрении пространственной дифференциации техногенной нагрузки в разрезе родов ландшафтов, строгой детерминированности величины нагрузки от ландшафта не наблюдается: например, у широко распространенных на изучаемой территории аллювиальных террасированных ландшафтов нагрузка колеблется в весьма широких пределах (от 7 до 15 т/га). Аналогичная ситуация наблюдается и у вторичных водно-ледниковых ландшафтов. Прослеживается общая тенденция увеличения рассматриваемой величины в направлении с северо-востока на юго-запад Полесья. Наибольшая техногенная нагрузка (свыше 12 т/га) характерна для вторичных водно-ледниковых, моренно-зандровых и, частично, аллювиальных террасированных ландшафтов с высокой долей песчаных почв.

В разрезе типов современных ландшафтов, при неизменном общем характере распределения нагрузки в пределах региона (более высокая – в западной части Полесья, несколько ниже – в восточной части, особенно в Припятском Полесье), хорошо видна ее пространственная дифференциация, обусловленная уровнем сельскохозяйственного освоения территории. Наибольшие величины нагрузки (от 9 т/га) соответствуют сельскохозяйственным и сельскохозяйственно-лесным ландшафтам, а также сельскохозяйственным мелиорированным, в которых в структуре почвенного покрова с существенными площадями минеральных почв легкого гранулометрического состава. Соответственно, для лесных и охраняемых ландшафтов (приуроченные, главным образом, к юго-восточной части Полесья и долине р. Припять) значения техногенной нагрузки существенно ниже.

Итогом исследования стала карта техногенной нагрузки на природные и агроландшафты Белорусского Полесья (рис. 1).



Рис. 1. Техногенная нагрузка на современные ландшафты Белорусского Полесья

Для нее применена неравномерная шкала распределения нагрузки из-за несоизмерных величин техногенного давления для различных типов современных ландшафтов: например, для сельскохозяйственных она составляет от 6,3 до 17,6 т/га, а для лесохозяйственных и природоохранных не превышает 1 т/га, отличаясь достаточно однородным характером распределения без существенной пространственной дифференциации, что было установлено в результате проведенных полевых наблюдений. Составленная карта отражает пространственную неоднородность в распределении техногенной нагрузки в пределах Белорусского Полесья.

## ВЫВОДЫ

Высокие показатели техногенного давления на агроландшафты – следствие интенсивного ведения сельского хозяйства, при этом большие объемы попадающих в почву веществ и энергии в значительной мере компенсируются их выносом с урожаем и эрозионными процессами, а скорость последних значительно выше, чем в природных ландшафтах. Львиная доля поступающего вещества при техногенезе – это органические и минеральные удобрения, мелиоранты. Следует отметить, что при внесении удобрений, помимо приноса вещества, также происходит существенное поступление в ландшафты энергии (особенно с органическими удобрениями), влияющее на общий энергетический баланс агротехногенной системы. В связи с этим не следует воспринимать значительную техногенную нагрузку на агроландшафты как однозначно негативное влияние, что, к сожалению, довольно часто наблюдается в научной литературе. При этом упускается из виду то обстоятельство, что с ее помощью поддерживается их равновесное состояние, более низкие значения нагрузки могут привести к нарушению общего баланса системы с последующей деградацией, равно как и чрезмерно высокие. Поэтому существует необходимость в проведении исследований по выявлению оптимальных значений техногенной нагрузки на агроландшафты с учетом их генезиса и структуры,

а также специализации сельскохозяйственного производства. Таким образом, ряд территорий Полесья требует проведения природоохранных мероприятий для снижения влияния техногенеза на ландшафты. Для запада Полесья следует определить оптимальные нормы техногенной нагрузки на агроландшафты с учетом местной специализации сельского хозяйства и структуры почвенного покрова, с целью предотвращения их деградации и загрязнения поверхностных и грунтовых вод.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Чертко Н. К.* Техногенные нагрузки на ландшафты Белорусского Полесья / Н. К. Чертко, А. А. Карпиченко // *Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2.* – 2013. – № 2. – С. 62–65.
2. *Нацыянальны атлас Рэспублікі Беларусь / Рэдкал.: М. У. Мясніковіч [і інш.].* – Мінск, 2002. – 292 с.
3. *Марцінкевіч Г. І.* Классификация и закономерности распространения современных ландшафтов Полесья / Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая, А. А. Звозников // *Проблемы природопользования: итоги и перспективы.* – Минск: 2012. – С.170–173.
4. *Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2007–2010).* – Минск, 2012. – 275 с.

### REFERENCES

1. Chartko, M. K., Karpichenka, A. A. (2013), "Technogenic loading on the landscapes of Belarusian Polesye" [Tekhnogennyye nagruzki na landshafty Belorusskogo Polesya], *Vestnik BSU*, No. 2, pp. 62-65.
2. National Atlas of the Republic of Belarus [Natsyyanalny atlas Respubliki Belarus] (2002). Ed. M. V. Myasnikovich, Minsk, 292 p.
3. Martsinkevich, G. I., Shchasnaya, I. I., Zvoznikov, A. A. (2012), "Classification and rules of distribution of modern landscapes of Polesye", *Problems of environmental management: results and prospects*. ["Klassifikatsiya i zakonomernosti rasprostraneniya sovremennykh landshaftov Polesya"], *Problemy prirodopolzovaniya: itogi i perspektivy*, Minsk, pp. 170-173.
4. Agrochemical characteristics of soils of agricultural land of the Republic of Belarus (2007–2010) [Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv selskokhozyaystvennykh zemel Respubliki Belarus (2007–2010)] (2012). Minsk, 275 p.

Поступила 29.06.2014

**Н. К. Чертко**, докт. геогр. наук, професор,  
**А. А. Карпиченко**, канд. геогр. наук, доцент,  
кафедра ґрунтознавства і земельних інформаційних систем,  
географічний факультет, Білоруський державний університет  
пр. Незалежності, 4, Мінськ, 220030, Білорусь  
karpi@bsu.by

### ДОСЛІДЖЕННЯ І КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СУЧАСНІ ЛАНДШАФТИ БІЛОРУСЬКОГО ПОЛІССЯ

#### Резюме

Розглянута територіальна диференціація техногенного навантаження в межах Білоруського Полісся. На підставі літературних даних і матеріалів власних досліджень складена серія карт техногенного навантаження на сучасні ландшафти Білоруського Полісся. Встановлено збільшення навантаження з північного сходу на південний захід

Полісся. Для лісогосподарських і природоохоронних типів ландшафтів характерні помітно менші значення величини техногенного навантаження, без істотної просторової диференціації.

**Ключові слова:** техногенне навантаження, ландшафт, Білоруське Полісся, ГІС-картографування.

**М. К. Chartko**, doctor of geography, professor,  
**А. А. Karpichenka**, PhD geography, associate professor,  
Department of Soil Science and Land Information Systems, Faculty of Geography,  
Belarusian State University,  
Nezavisimosti avenue, 4, Minsk, 220030, Belarus  
karpi@bsu.by

## RESEARCH AND MAPPING OF TECHNOGENIC LOADING ON THE MODERN LANDSCAPES OF BELARUSIAN POLESYE

### Abstract

*Purpose.* The article considers the territorial differentiation of technogenic loading on the territory of Belarusian Polesye.

*Methodology.* The mapping technique of technogenic loading on the natural and agricultural landscapes is developed, which takes into account the introduction of mineral and organic fertilizers, pesticides, ameliorants and receipts of dust of different origins, in addition with substances that fall together with precipitation per year. Mapping was performed using ESRI ArcView and ESRI ArcGIS.

*Finding.* Based on the literature data and own research materials compiled a series of maps of technogenic loading on the landscape of the Belarusian Polesye. Established that technogenic loading to agricultural landscapes varies from 6.3 to 17.6 tons per hectare, is thus observed increasing it from the north-east to south-west Polesye. Strict dependencies between the genera of landscapes and the value of the technogenic loading is not established. For the types of forestry and nature conservation landscapes are significantly smaller values technogenic loading (not greater than about 1 ton per hectare), without a significant spatial differentiation.

*Results.* A number of territories of the Belarusian Polesye are requires environmental measures to reduce the impact of technogenesis on landscapes. For the West Belarusian Polesye should be defined optimal rates of technogenic loading on the agricultural landscapes according to the local agricultural specialization and soil cover structure.

**Keywords:** technogenic loading, landscape, Belarusian Polesye, GIS-mapping, technogenesis.