

# ЭКОЛОГИЯ

УДК 558.383/388:504(571.1)

doi: 10.23968/2305-3488.2021.26.3.16-32

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗНОХАРАКТЕРНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

Белюсова А. П., Руденко Е. Э.

## INTEGRAL ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE DIVERSE TECHNOGENIC LOAD ON THE ENVIRONMENTAL STATE IN BRYANSK REGION

Belousova A. P., Rudenko E. E.

### Аннотация

**Введение.** Статья приурочена к скорбной дате — 35-летию аварии на Чернобыльской атомной станции. Наиболее пострадавшим регионом на территории России является Брянская область. В связи с этим целью исследований, представленных в статье, является оценка интегральной разнохарактерной техногенной нагрузки в Брянской области, которая имеет развитую промышленность и сельское хозяйство, несмотря на негативные последствия от аварии на Чернобыльской АЭС. Оценка техногенной нагрузки на различные компоненты окружающей среды выполнена в рамках ранее разработанной методики для выявления наиболее экологически неблагоприятных территорий. **Методы.** На основе ежегодных данных НПО «Тайфун» о радиационном мониторинге, государственных и областных докладов о состоянии окружающей среды *проведен анализ радиационной обстановки* в Брянской области. Ряд территорий на юго-западе Брянской области в настоящее время имеют высокий уровень загрязнения почвы радионуклидом техногенного происхождения  $^{137}\text{Cs}$  — более 40 Ки/км<sup>2</sup>. Для *оценки влияния техногенной нагрузки на окружающую среду* разработан новый методический подход к учету разноразмерных составляющих в районах исследуемой области. Данный подход базируется на действии, которое позволяет объединить в расчетах все разноразмерные характеристики и привести их к безразмерным значениям. Дальнейшие оценки и сравнения проводятся исключительно в рамках Брянской области, и ими можно пользоваться только внутри ее объектов; если необходимо сравнить ее с другими областями РФ или в целом по РФ, то следует внести средние сравнительные величины. **Результаты.** Проведена оценка влияния суммарной техногенной нагрузки на окружающую среду в Брянской области, которая включает исследование: техногенной нагрузки на окружающую среду, социально-экологической ситуации, радиационной обстановки, интегральной нагрузки (техногенной, социально-экологической и радиационной). **Заключение.** Интегральная оценка влияния разнохарактерной нагрузки на экологическое состояние в Брянской области показала, что для западной части региона характерна только высокая и очень высокая интегральная нагрузка, что обусловлено техногенной нагрузкой и радиоактивным загрязнением. В связи с этим для дальнейших исследований представляет интерес западная часть Брянской области.

**Ключевые слова:** социально-экологическая ситуация, радиационная обстановка, мониторинг, радионуклиды, загрязнение подземных вод, источники загрязнения, интегральная техногенная нагрузка.

### Abstract

**Introduction.** The paper is timed to coincide with the mournful date of the 35<sup>th</sup> anniversary of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. In Russia, Bryansk Region is the most affected area in this regard. Our goal was to assess the diverse integral technogenic load in Bryansk Region, which is characterized by a developed industry and agriculture despite the negative consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. We assessed the technogenic load on various components of the environment within the framework of a previously developed methodology aimed to identify the most environmentally unfriendly territories. **Methods.** Based on the annual data of Typhoon Research and Production Association on radiation monitoring, state and regional reports on the state of the environment, a radiation analysis was carried out in Bryansk Region. A number of territories in the south-west of the region are characterized by a high level of soil contamination with a technogenic radionuclide  $^{137}\text{Cs}$ , which is more than 40 Ci/km<sup>2</sup>. *To assess the impact of the technogenic load on the environment*, a new methodological approach was developed to account for components of different dimensions in the areas of the studied region. This approach makes it possible

to combine all characteristics of different dimensions in calculations and bring them to dimensionless values. It should be noted that the assessments and comparisons were carried out exclusively within Bryansk Region and they can be used only with regard to the corresponding objects. If there is a need to compare it with other regions of the Russian Federation or have a countrywide comparison, then it is necessary to introduce average comparative values. **Results.** In the course of the study, we assessed the impact of the total technogenic load on the environment in Bryansk Region, which includes the studies of the following: technogenic load on the environment, socio-environmental situation, radiation situation, and integral load (technogenic, socio-environmental, and radiation). **Conclusion.** The integral assessment of the impact of the diverse load on the environmental state in Bryansk Region showed that the western part of the region is characterized by a high and very high integral load only. This is due to the technogenic load and radioactive contamination. In this regard, the western part of Bryansk Region is of interest for further research.

**Keywords:** socio-environmental situation, radiation situation, monitoring, radionuclides, groundwater contamination, sources of pollution, integral technogenic load.

**Введение.** Главным источником загрязнения на территории Брянской области являются радиоактивные выпадения в окружающую среду в связи с аварией на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Кроме этого, в области интенсивно развиваются промышленность, сельское хозяйство и другие производства, которые также загрязняют окружающую среду.

В связи с этим проведен анализ радиационной обстановки на территории Брянской области. Рассмотрены следующие показатели и данные контроля: структура доз облучения жителей в Брянской области, радиационный контроль пищевых продуктов, питьевой воды и почв сельскохозяйственных угодий. На основе анализа радиационной обстановки, а также в целом экологической ситуации в регионе была выполнена оценка интегральной нагрузки на изучаемом объекте.

Разработан новый методический подход к учету разноразмерных компонентов для оценки влияния техногенной нагрузки на окружающую среду в исследуемом регионе. При его формировании использована разработанная методика оценки техногенной нагрузки на подземные воды и другие компоненты окружающей среды для различных регионов [1–7]. Данный метод позволяет объединить в расчетах все необходимые разноразмерные показатели, формирующие наиболее полную картину влияния на окружающую среду, и привести их к безразмерным значениям.

Оценка влияния суммарной техногенной нагрузки на окружающую среду на территории Брянской области проводилась по следующим направлениям:

- Оценка техногенной нагрузки на окружающую среду. Под техногенной нагрузкой подразумевается некоторый набор производственной

деятельности, способный оказать негативное воздействие на окружающую среду. Таковыми были выбраны: экологическое состояние питьевых вод, сточные воды, твердые коммунальные отходы, сельское хозяйство и промышленность.

- Оценка социально-экологической ситуации — анализ заболеваемости населения, который включал два показателя: уровень инфекционной заболеваемости и острые кишечные инфекции на 100 тыс. человек.

- Оценка радиационной обстановки по восьми показателям: плотность поверхностных выпадений, интенсивность внешнего облучения (гамма-излучения) — мощность эквивалентной дозы (МЭД) на открытой местности, интенсивность внешнего облучения, индивидуальная доза (плотность) облучения, максимальная среднегодовая эффективная доза (СГЭД), содержание  $^{137}\text{Cs}$  в растительности, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сене, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в молоке.

- Оценка интегральной нагрузки (техногенной, социально-экологической и радиационной) на окружающую среду.

- Оценка интегральной нагрузки на окружающую среду путем суммирования трех расчетных критериев: техногенной нагрузки, эколого-социальной и радиационной обстановки.

Все оценки проводились с построением соответствующих карт.

Интегральная оценка влияния разнохарактерной нагрузки на экологическое состояние Брянской области выявила четкое разделение территории области на западную часть, для которой характерны только высокая и очень высокая интегральная нагрузка, как за счет техногенной нагрузки, так и за счет радиоактивного загрязнения (только один район со средней нагрузкой), и восточную часть, где слабая и средняя нагрузка

выявлена на территории половины районов, а на второй половине высокая и очень высокая, радиоактивная нагрузка здесь не имеет значительного влияния.

### Методы и материалы

**Анализ современной радиационной обстановки на территории Брянской области** проведен на основе ежегодно предоставляемых НПО «Тайфун» данных о радиационном мониторинге<sup>1</sup>, Государственных и областных государственных докладов<sup>2,3</sup>).

На территории Брянской области, в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 08.10.2015 № 1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС», в границах радиоактивного загрязнения находилось 749 населенных пунктов (далее — н. п.), расположенных в 21 районе.

Все населенные пункты по статусу распределены на следующие зоны: отчуждения, отселения, с правом на отселение и с льготным социально-экономическим статусом. Наиболее пострадавшими являются юго-западные районы Брянской области с уровнями загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs более 40 Ки/км<sup>2</sup>.

По величине среднегодовых эффективных эквивалентных доз облучения населения, проживающего в 749 населенных пунктах, установлено, что жители 153 населенных пунктов имеют СГЭД облучения за счет чернобыльских радиоактивных выпадений, равную или более 1 мЗв/год, а в единичных случаях эта доза превышает 5 мЗв/год.

По данным наблюдений метеостанций Жуковка, Брянск и Красная Гора (зона радиоактивного загрязнения 5–15 Ки/км<sup>2</sup>) ежедневно проводился отбор суточных планшетных проб атмосферных выпадений. По данным НПО «Тайфун»<sup>1</sup> Росгидромета уровни радиоактивного загрязнения на

<sup>1</sup> Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2018 году, Обнинск: НПО «Тайфун», 2019. 324 с.

<sup>2</sup> Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области. Государственный доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2018 году / сост.: Г. В. Левкина, О. А. Иванченкова, А. А. Луцевич; отв. за выпуск Департамент природных ресурсов и экологии Брянской области. Главный редактор С. В. Мотылев. 2019. 266 с.

<sup>3</sup> Годовой доклад об экологической ситуации в Брянской области в 2018 году «Природные ресурсы и окружающая среда Брянской области» / сост.: Г. В. Левкина, О. А. Иванченкова, А. А. Луцевич; под ред. С. В. Мотылева. 2019. 266 с.

этих территориях Брянской области на 01.01.2018 находятся в пределах от 0,1 до 160,1 Ки/км<sup>2</sup>.

Оценены радиационная безопасность и воздействие радиационного фактора на жителей путем определения доз внешнего облучения населения (МЭД гамма-излучения) в реперных точках Брянской области. В 2018 году было проведено 5232 измерения МЭД гамма-излучения (гамма-фона). По данным этих измерений в 2018 году наибольшие уровни гамма-фона отмечаются на открытой местности (0,79 мкЗв/ч), в других местах уровень уменьшался до 0,36 мкЗв/ч.

*Структура доз облучения жителей в Брянской области* за период 2015–2017 гг. определена следующим образом: 0,02 % (0,77 чел.-Зв/год) приходится на техногенные источники (для персонала), вклад последствий аварии на ЧАЭС от техногенно измененного радиационного фона составляет 7,25 % (269,55 чел.-Зв/год), от медицинских исследований — 13,67 % (509,25 чел.-Зв/год), 79,06 % (2945,10 чел.-Зв/год) приходится на природные источники излучения.

Средняя дозовая нагрузка на 1 жителя области от различных источников ионизирующего излучения составила 3,08 мЗв/год (на 1 жителя РФ — 3,87 мЗв/год).

Трехлетние наблюдения (2015–2017 гг.) за индивидуальными дозами облучения жителей Брянской области показали, что радиационная обстановка на территории области остается стабильной. Доза облучения жителя в 2017 году за счет техногенного фона — 0,218 мЗв/год, что гораздо выше общероссийского показателя (0,009 мЗв/год), за счет природных источников — 2,43 мЗв/год, это, наоборот, гораздо ниже (3,31 мЗв/год).

В рамках мониторинга отдельно оценивалась доля вклада внешнего облучения в суммарную годовую дозу в ряде населенных пунктов Брянской области, в том числе находящихся в районах, относящихся к территории радиоактивного следа, образовавшегося вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Была проведена оценка влияния степени гамма-излучения на население, проживающее в домах, построенных из различных строительных материалов, с использованием индивидуальных дозиметров, выданных жителям (рабочим, работникам сельского хозяйства, служащим, пен-

сионерам, учащимся и студентам, домохозяйкам, безработным и т. д.).

#### *Радиационный контроль пищевых продуктов*

Радионуклиды  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  техногенного происхождения служат показателями радиационной безопасности продуктов питания и продовольственного сырья согласно действующим гигиеническим нормативам. В 2018 году в Брянской области было исследовано 4118 проб продовольственного сырья и пищевых продуктов для изучения содержания данных радионуклидов. Превышение гигиенических нормативов выявлено только по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  при осуществлении РГМ пищевых продуктов из населенных пунктов, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС. Наблюдается положительная динамика, и общий объем проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, ежегодно снижается и в 2018 году составил 3,6 %, что на 1,0 % ниже, чем в прошлом году, и на 1,5 % ниже, чем в 2016 году. Снижается и количество населенных пунктов, где данные пробы не соответствуют нормативам: по отношению к 2017 году уменьшилось на 17 и в 2018 году составило 70 населенных пунктов (2017 — 88, 2016 — 93).

В юго-западных районах области также идет снижение удельного веса неудовлетворительных проб, и в 2018 году составило 8,9 %, что ниже на 2,9 % (в 1,3 раза), чем в 2017 году, и ниже на 3,5 % (в 1,4 раза), чем в 2016 году.

Грибы и лесные ягоды в основной массе продукции не отвечают гигиеническим нормативам. В 2018 году зарегистрировано превышение допустимых гигиенических нормативов в шести пробах молока из личных подсобных хозяйств. Начиная с 2016 г. ежегодно сокращается количество неудовлетворительных проб молока, а также их удельный вес от общего количества проб — с 6,6 % в 2016 году до 4,0 % в 2018 году.

#### *Радиационный контроль питьевой воды*

Контроль качества воды на соответствие требованиям гигиенических нормативов проводился по стандартной методике, где определялись показатели радиационной безопасности (удельная суммарная  $\alpha$ -активность,  $\beta$ -активность, содержание отдельных радионуклидов). В 2018 году исследовано 1112 проб воды, проведено 3299 исследований. Установлены случаи превышения

контрольных уровней исходной оценки питьевой воды.

В пробах питьевой воды за период 2016–2018 гг. суммарная  $\alpha$ -активность на территории области колеблется от 0,08–0,11 Бк/кг до 0,38–0,39 Бк/кг. Суммарная  $\beta$ -активность отвечает гигиеническим нормативам (1,0 Бк/кг), изменяется от 0,30–0,34 Бк/кг до 0,59–0,82 Бк/кг. Содержание  $^{222}\text{Rn}$  не превышает значений минимальной детектируемой активности (8,0 Бк/кг) спектрометрического оборудования, самое высокое содержание  $^{222}\text{Rn}$  достигает 33,1 Бк/кг.

Также проводилась оценка качества воды в поверхностных водоемах по отдельным радионуклидам. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и естественных радионуклидов значительно ниже уровней вмешательства для питьевой воды.

#### *Радиационный контроль почв сельскохозяйственных угодий*

По данным мониторинга радиационной обстановки на сельскохозяйственных землях, установлено, что более 350 тыс. га имеют загрязнение свыше 37 кБк/м<sup>2</sup>, в том числе 233,0 тыс. га — пашня и 122,5 тыс. га — естественные кормовые угодья. Защитные реабилитационные мероприятия (плотность загрязнения выше 185 кБк/м<sup>2</sup>) требуются на 121,1 тыс. га (почвы и естественные кормовые угодья).

Практически все земли с загрязнением свыше 185 кБк/м<sup>2</sup> находятся в юго-западной части Брянской области, именно они наиболее пострадали в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Максимальное значение плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  в почве зафиксировано в Новозыбковском районе — 344,3 кБк/м<sup>2</sup>.

#### **Результаты исследований**

#### ***Комплексная оценка влияния суммарной техногенной нагрузки на окружающую среду на территории Брянской области***

На основе вышеприведенного анализа техногенной радиационной составляющей на территории Брянской области, а также в целом экологической ситуации была проведена оценка интегральной нагрузки на изучаемом объекте.

Для определения влияния техногенной нагрузки на природную составляющую окружающей среды разработан новый методический подход учета ее многофакторных разноразмерных характеристик на территории районов Брянской

области. Этот подход основан на ранее разработанной методике оценки техногенной нагрузки на подземные воды и другие компоненты окружающей среды для различных регионов [1–7] и при оценке экологической ситуации в Тульской области [9] и бассейне реки Волги [8].

Основные положения данного подхода были определены нами в процессе формирования концепции структуры индикаторов и индексов устойчивого развития регионов. Проблема устойчивого развития окружающей среды стала интенсивно разрабатываться мировым сообществом после встречи в Рио-де-Жанейро в 1992 г. Разработкой индикаторов и индексов устойчивого развития окружающей среды занимались многие организации и страны (NESCO<sup>4</sup>, UN<sup>5</sup>, OECD<sup>6</sup> и др.). С учетом международного опыта нами была разработана концепция формирования структуры индикаторов и индексов устойчивого развития окружающей среды [10, 11], основы которой изложены в [1]. Одной из главных особенностей этой концепции является использование безразмерных величин, с которыми можно проводить в дальнейшем простые арифметические действия. Это позволяет совместно анализировать большое количество характеристик влияния на окружающую среду с целью последующего установления степени их суммарного негативного воздействия. В дальнейшем при оценке экологического состояния (индикатора состояния) эта главная особенность использовалась как платформа, на которую можно разместить любые типы нагрузки (индекс), как это показано в Тульской области [9] и бассейне реки Волги [8].

Непосредственно при оценке суммарных, интегральных нагрузок на окружающую среду мы используем безразмерные показатели (весовые, балльные оценки), сходные по своему назначению с вышеупомянутыми индексами. Желательно каждый определенный тип нагрузки (размерный) разделить на одинаковое количество безразмерных (весовых и др.) показателей (в нашем случае на четыре), чтобы сохранить баланс при оценке суммарных показателей техногенной нагрузки.

Если посмотреть на оценку суммарной техногенной нагрузки в бассейне реки Волги [8], то это субрегиональная оценка, она проводилась по 16 типам — показателям нагрузки. При определении в Брянской области по масштабу оценка является региональной, и количество показателей возросло почти вдвое (таблица). При увеличении степени влияния других показателей техногенной нагрузки, они могут быть добавлены к уже имеющимся или сняты при уменьшении показателей нагрузки. Система всегда открыта и может реагировать на изменения данных мониторинга окружающей среды объекта наблюдений в конкретную дату наблюдений, что потребует пересчета показателей и построения новых схематических карт (оценка является предварительной). Настоящие научные исследования выполнены по данным мониторинга окружающей среды, включая территорию Брянской области, за 2018 год, опубликованным в 2019 году<sup>1,2,3</sup>.

Дальнейшие оценки, сравнения проводятся исключительно в рамках Брянской области, и ими можно пользоваться только внутри ее объектов; если необходимо сравнить ее с другими областями РФ или в целом по РФ, то следует ввести средние сравнительные величины, например средние значения по РФ, и все другие субъектные или объектные показатели приводить и обезразмеривать путем деления на эти средние величины.

Анализ влияния суммарной техногенной нагрузки на окружающую среду в Брянской области проводился при помощи последовательной оценки отдельных компонентов: техногенной нагрузки, социально-экологической ситуации, радиационной обстановки, изучения интегральной (техногенной, социально-экологической и радиационной) в районах исследуемого региона.

#### **Оценка техногенной нагрузки на окружающую среду в Брянской области**

Под техногенной нагрузкой подразумевается некоторый набор производственной деятельности, способный негативно воздействовать на окружающую среду (и о которой есть соответствующие сведения в доступных источниках). Критериями техногенной нагрузки для Брянской области были выбраны: экологическое состояние питьевых вод, сточные воды, твердые комму-

<sup>4</sup> Word science report, 1996. P.:UNESCO, 1996. 355 p.

<sup>5</sup> Indicators of sustainable development / UN Dep. for Policy Coordination for Sustainable Development. N.Y., 1994.

<sup>6</sup> Environmental indicators: OECD core set. P.,1994, 60 p.

Расчет техногенной нагрузки на территории Брянской области

№ района на карте	Название района	Техногенная нагрузка										Сумма категории
		Децентрализованное водоснабжение		Распределительная сеть		Подземные источники		Централизованное водоснабжение		Сумма		
		Микробиология, кол-во проб	Санит.-химич., кол-во проб	Микробиология, кол-во проб	Санит.-химич., кол-во проб	Микробиология, кол-во проб	Санит.-химич., кол-во проб	Микробиология, кол-во проб	Санит.-химич., кол-во проб			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	
1	Ротнинский	3	3	3	3	1	1	3	1	18/4		
2	Дубровский	3	2	3	2	1	1	2	1	15/3		
3	Жуковский	2	1	2	3	3	3	1	2	17/4		
4	Дятьковский	3	2	2	3	2	2	2	2	18/4		
5	Брянский	2	3	2	3	2	2	3	2	19/4		
6	Клетнянский	3	2	3	3	1	1	2	3	18/4		
7	Жирятинский	1	1	1	3	1	1	3	1	12/2		
8	Выгоничский	1	2	3	2	2	2	2	2	16/4		
9	Карачаевский	2	1	3	3	3	3	3	3	21/4		
10	Почепский	1	1	1	3	1	1	3	3	14/3		
11	Трубчевский	2	1	2	2	3	3	2	3	18/4		
12	Навлинский	1	1	3	3	1	1	2	1	13/3		
13	Брасовский	1	1	3	2	1	1	2	1	12/2		
14	Комаричский	1	1	3	2	1	1	3	1	13/3		
15	Суземский	2	3	3	3	3	3	2	3	22/4		
16	Севский	1	3	3	2	3	3	2	3	20/4		
17	Мглинский	1	1	2	2	1	1	1	1	10/2		
18	Суражский	2	1	3	2	1	1	2	1	13/3		
19	Гордеевский	2	3	3	3	1	1	1	1	15/3		
20	Красногорский	2	2	3	1	1	1	1	1	12/2		
21	Новозыбковский	1	1	2	2	1	1	1	1	10/2		
22	Клинцовский	2	3	3	3	1	1	2	1	16/3		
23	Унечский	2	3	2	3	1	1	2	3	17/4		
24	Погарский	3	1	2	2	3	3	2	1	17/4		
25	Стародубский	1	3	3	2	2	2	2	2	17/4		
26	Климовский	1	1	2	2	2	2	3	2	15/3		
27	Злынковский	1	1	2	3	1	1	3	1	13/3		

Продолжение таблицы

№ района на карте	Название района	Техногенная нагрузка					ТКО		
		Недостаточно очищенные стоки, млн м <sup>3</sup> /категория	Пестициды, кол-во проб/ категория	Пром-ть, сумма/ категория	Общая сумма/ категория	Кол-во, т/год	Не охваченные, т/год	Сумма/категория	
1	2	12	13	14	15	16	17	18	
1	Рогнединский			10/1	6/2	2267,36/1	113,37/1	2/1	
2	Дубровский			28/2	8/2	6037,76/3	301,89/3	6/3	
3	Жуковский	0,83/1	4/2	31/2	13/3	12031,02/4	601,55/4	8/4	
4	Дятьковский	4,81/4		59/3	16/4	31166,73/4	1558,34/5	9/5	
5	Брянский	34,15/5	4/2	87/4	20/4	172295,69/5	8613,39/5	10/5	
6	Клетнянский	0,05/1	2/1	28/2	11/3	6421,88/3	321,09/3	6/3	
7	Жирятинский			28/2	5/1	2441,80/1	122,09/1	2/1	
8	Выгоничский	1,79/2		28/2	11/3	7066,6/3	353,33/3	6/3	
9	Карачаевский	1,22/2	9/3	56/3	16/4	11484,56/4	574,23/4	8/4	
10	Почепский	0,32/1		21/1	9/2	13553,99/4	677,71/4	8/4	
11	Трубчевский	0,64/1		11/1	10/3	12064,13/4	603,21/4	8/4	
12	Навлинский	0,32/1		10/1	8/2	9338,23/3	466,91/3	6/3	
13	Брасовский	0,09/1		22/1	7/2	6801,02/3	340,05/3	6/3	
14	Комаричский		9/3	11/1	10/3	5849,79/3	292,49/2	5/3	
15	Суземский	0,11/1		10/1	9/2	5295,85/3	264,79/2	5/3	
16	Севский	0,01/1	2/1	10/1	10/3	5220,03/3	261/2	5/3	
17	Мглинский			21/1	6/2	5890,38/3	294,52/2	5/3	
18	Суражский	2,55/3		19/2	11/3	7917,08/3	395,85/3	6/3	
19	Гордеевский			20/1	6/2	3724,83/2	186,25/2	4/2	
20	Красногорский			20/1	5/1	4188,34/2	209,42/2	4/2	
21	Новозыбковский	1,50/2		41/2	10/3	18055,25/4	902,76/4	8/4	
22	Клиновский	2,96/3	1/1	42/2	14/3	31093,03/4	1554,68/5	9/5	
23	Унечский	0,79/1	1/1	32/2	12/3	12238,92/4	611,95/4	8/4	
24	Погарский	0,32/1	6/3	10/1	12/3	8353,90/3	417,69/3	6/3	
25	Стародубский	0,80/1	62/4	26/2	15/4	13055,54/4	652,76/4	8/4	
26	Климовский	0,21/1	3/2	27/2	11/3	9167,7/3	458,35/3	6/3	
27	Злынковский	0,60/1		28/2	8/2	4274,14/2	213,71/2	4/2	

Окончание таблицы

№ района на карте	Название района	Социальная нагрузка			Радиоактивная нагрузка								Общая сумма/ категория	
		Заблеваемость населения на 100 тыс. чел.		Сумма/ категория	Плотность выпадения, категория	МЭД на открытой местности, (мкЗ/ч)/ категория	Индивидуальная доза	Максимальная СГЭД	В растении	В сене	В молоке	Сумма/ категория		
		Инфекц./ категория	ОКИ/ категория											
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>
1	Рогнединский	10030,3/2	84,15/1	3/2	1								1/1	5/2
2	Дубровский	14897,8/2	49,66/1	3/2										4/2
3	Жуковский	14426,4/2	689,5/4	6/4		0,12/2							2/1	8/3
4	Дятьковский	20303,4/3	331,1/2	5/3	1								1/1	8/3
5	Брянский	27528,4/3	537,2/3	6/4		0,13/2							2/1	9/4
6	Клетнянский	5172,2/1	69,75/1	2/1										4/2
7	Жирятинский	11983,5/2	160,1/1	3/2										3/1
8	Выгоничский	5357,0/1	217,1/2	3/2	1								1/1	5/2
9	Карачаевский	24933,8/3	455,9/3	6/4	1	0,12/2							3/1	9/4
10	Почепский	9221,5/1	311,7/2	3/2		0,12/2							2/1	6/3
11	Трубчевский	39721,9/4	259,7/2	6/4	1								1/1	8/3
12	Навлинский	17789,0/2	606,1/4	6/4	1	0,11/1							2/1	7/3
13	Брасовский	8874,1/1	401,7/3	4/3	1								1/1	6/3
14	Комаричский	5774,2/1	36,78/1	2/1	1								1/1	5/2
15	Суземский	9711,2/1	222,7/2	3/2	1								1/1	5/2
16	Севский	5661,6/1	13,08/1	2/1	1								1/1	5/2
17	Мглинский	13709,8/2	474,1/3	5/3										5/2
18	Суражский	16405,7/2	293,0/2	4/3										6/3
19	Гордеевский	4622,6/1	87,12/1	2/1	3	0,21/2	0,66/4	12,2/3	0,019/1	364/3	826/4	47,6/2	22/4	7/3
20	Красногорский	3313,6/1	76,48/1	2/1	4	0,18/2	0,79/4	4,0/1	0,009/1	410/4	838/4	76,5/3	23/4	6/3
21	Новозыбковский	18316,5/2	263,9/2	4/3	4	0,34/3	0,59/4	14,6/3	0,21/3	354/3	669/4	70,1/3	27/4	10/4
22	Клинцовский	14346,4/1	163,9/2	3/2	2	0,15/2	0,30/3	4,2/1	0,008/1	263/2	67/1	52,3/3	15/3	9/3
23	Унечский	10965,6/2	491,3/3	5/3		0,12/2	0,36/3						5/2	8/3
24	Потарский	24592,7/3	76,24/1	4/3	1								1/1	7/3
25	Старолубский	10867,8/2	572,3	5/3	1					68/1	26/1		3/1	8/3
26	Климовский	31124,8/4	92,61/1	5/3	2	0,15/2				190/1	18/1	28,7/1	7/2	8/3
27	Злынковский	15244,1/2	295,6/2	4/3	4	0,55/4	0,63/4			331/3	481/3	161,4/4	22/4	9/4

нальные отходы, влияние сельского хозяйства и влияние промышленности.

**Экологическое состояние питьевых вод** (рис. 1) определялось для объектов нецентрализованного водоснабжения (таблица). Качество вод оценивалось по микробиологическим и санитарно-химическим показателям. Оценка проводилась по делению проб воды по степени отклонения от среднеобластного показателя, выделено три категории проб воды: 1 — отсутствует превышение, 2 — доля несоответствующих проб ниже среднеобластного показателя, 3 — часть проб, показатель которых находится выше или на уровне среднеобластного значения. Затем все эти категории суммировались и разбивались на четыре итоговые категории (таблица, столбец 1). Такой подход позволяет привести все разноразмерные показатели к безразмерным величинам и затем производить с ними простые арифметические действия, в нашем случае сложение. Разделение на четыре категории является наиболее удобным для оценки экологической ситуации, и в этом случае следует придерживаться этого способа при рассмотрении других показателей.

В результате сумма категорий была разбита по степени экологического состояния вод на следующие категории:

0–8 — (1) — благополучное состояние;

8–12 — (2) — среднеблагополучное состояние;

12–16 — (3) — неблагоприятное состояние;

16–22 — (4) — сильно неблагоприятное состояние.

На *схематической карте экологического состояния питьевых вод на территории Брянской области* (рис. 1) показано, что на территории области питьевые воды **благополучного состояния** отсутствуют; **средне неблагоприятное состояние** характерно для районов (в скобках дан номер района на карте и в таблице): Жирятинский (7), Брасовский (13), Мглинский (17), Красногорский (20), Новозыбковский (21); **неблагополучное состояние в районах**: Дубровский (2), Навлинский (12), Комаричский (14), Почепский (10), Суражский (18), Гордеевский (19), Клинцовский (22), Климовский (26), Злынковский (27); **сильно неблагоприятное состояние**: Рогнединский (1), Жуковский (3), Дятьковский (4), Брянский (5), Клетнянский (6), Выго-

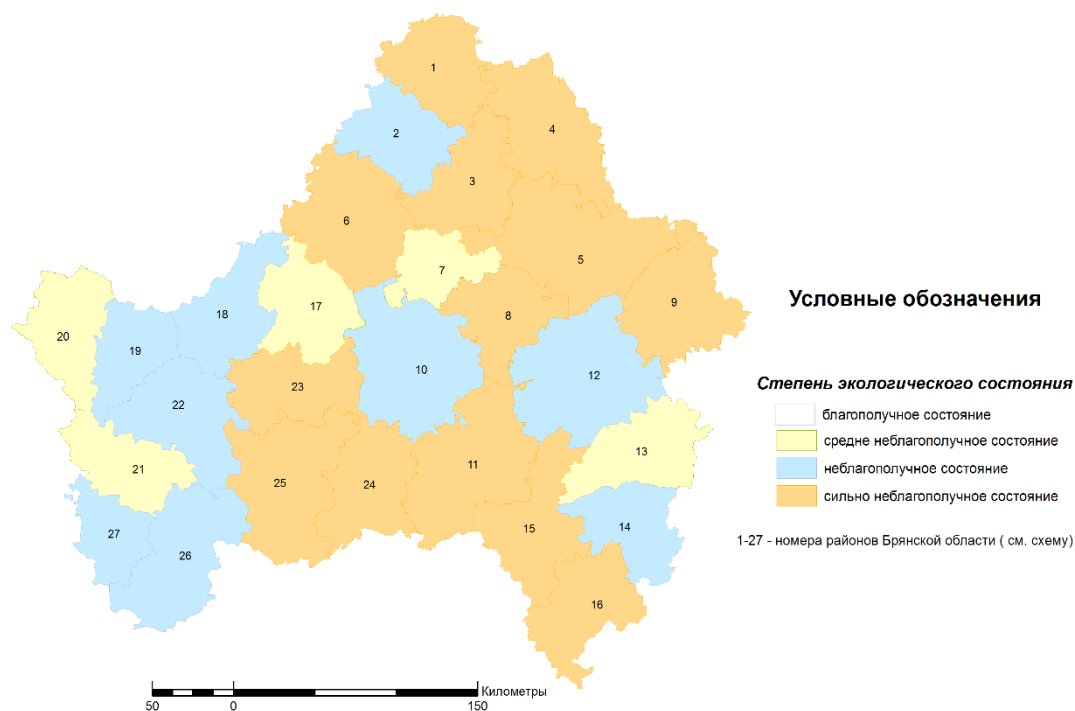


Рис. 1. Схематическая карта экологического состояния питьевых вод на территории Брянской области

нический (8), Карачаевский (9), Почепский (10), Трубчевский (11), Суземский (15), Севский (16), Суражский (18), Унечский (23), Погарский (24), Стародубский (25).

Оценка величины сброса недостаточно очищенных **сточных вод** проводилась аналогичным образом, при этом показатели сбросов имели размерные характеристики — млн м<sup>3</sup>/год<sup>2, 3</sup>, и они также были разбиты не на четыре категории по объему сбросов, а на пять из-за значительного отскока показателей для г. Брянска (таблица, столбец 12):

- 0,1–1,0 — (1) — незначительный;
- 1,0–2,0 — (2) — средний;
- 2,0–3,0 — (3) — высокий;
- 3,0–5,0 — (4) — очень высокий;

Рассмотрим влияние **техногенной нагрузки** в районах Брянской области по отдельным ее видам.

Оценка влияния **твердых коммунальных отходов** (ТКО) проводилась по двум показателям: количество образованных отходов (т/год) (таблица, столбец 16) и количество образованных ТКО, не охваченных вывозом (т/год) (таблица, столбец 17), по данным 2020 г<sup>7</sup>. Здесь также показатели поделены на пять категорий из-за выделения Брянского, Дятьковского и Клинцовского районов. Затем рассчитывалась сумма этих категорий по двум показателям с последующим делением их на пять категорий также из-за отскока показателей Брянского, Дятьковского и Клинцовского районов (таблица, столбец 18):

- 0,0–2,0 — (1) — незначительный;
- 2,0–4,0 — (2) — средний;
- 4,0–6,0 — (3) — высокий;
- 6,0–8,0 — (4) — очень высокий;
- 8,0–10,0 — (5) — чрезвычайно высокий.

Оценка **влияния сельского хозяйства** проводилась по количеству отобранных проб пестицидов по материалам (областных государственных докладов<sup>2, 3</sup>, они разделены на четыре категории по степени влияния (таблица, столбец 13):

- 0–3 — (1) — незначительное;
- 3–6 — (2) — среднее;
- 6–10 — (3) — сильное;
- более 10 — (4) — очень сильное.

**Оценка влияния промышленности** проводилась по данным предыдущих докладов<sup>8</sup>, где были опубликованы материалы влияния всех отраслей промышленности, сельского хозяйства и других отраслей на все компоненты окружающей среды на территории Российской Федерации.

Для оценки был разработан подход, основанный на данных о хозяйственной деятельности различных отраслей промышленности.

Определен условный рейтинг отраслей промышленности по степени воздействия на окружающую среду (ОС) на основании газообразных выбросов в атмосферу (O<sub>г</sub>), образующихся на производстве и попадающих в ОС жидких отходов — сточных вод (O<sub>ж</sub>) и твердых отходов (O<sub>т</sub>). Структура рейтинга основана на объемах каждого типа выбросов (от большего объема к меньшему, но порядковым номером места от меньшего к большему) путем порядковой нумерации.

Средний условный рейтинг определялся как среднее значение между тремя рейтингами с последующим присуждением соответствующего номера; отраслям, занимающим первые места по объемам выбросов в ОС, присваивалось наибольшее значение показателя. Степень опасности отрасли промышленности устанавливалась с учетом среднего суммарного условного рейтинга. Данные о специфике выбросов в ОС для каждой области промышленности взяты из Государственного доклада за 2005 г.<sup>8</sup>

В наших исследованиях использовались значения ПДК для характеристики опасности загрязнения компонентов ОС. При этом загрязняющие вещества (ЗВ) были разделены на три основные группы по значению ПДК в питьевой воде по диапазонам: 1 — менее 1,0 мг/л; 2 — от 1,0 мг/л до 10,0 мг/л; 3 — более 10,0 мг/л [6].

Оценка загрязнения ОС на территории области производилась по ЗВ, наблюдаемым в различных компонентах ОС: ионы Cu, Mn, Ba, Fe, B, Mo, Ti, Pb, Cr, Ni, V, As, Co, W, Cd, Be, Sn, Zn, NO<sub>3</sub>, радионуклиды, формальдегид, фенолы, ПАУ, нефтепродукты, пестициды.

На основе условных рейтингов отраслей хозяйства для Брянской области рассчитаны рейтинги для населенных пунктов и районов области. Для оценки степени влияния промышлен-

<sup>7</sup> Постановление Правительства Брянской области от 2 декабря 2019 г. № 558-в «О внесении изменений в постановление Брянской области от 19 декабря 2016 №642-в (обращение с отходами)».

<sup>8</sup> Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2005 г.» (2006). М.: АНО «Центр международных проектов».

ности (таблица, столбец 14) условные рейтинги промышленности на территории районов были разделены на четыре категории:

- 0–25 — (1) — слабая;
- 25–50 — (2) — средняя;
- 50–75 — (3) — высокая;
- 75–100 — (4) — очень высокая.

В заключение была выполнена оценка суммарной техногенной нагрузки на ОС на территории Брянской области (рис. 2). Для этого проведено суммирование данных, характеризующих в категориях влияние: подземных вод (таблица, столбец 11), сточных вод (таблица, столбец 12), твердых коммунальных отходов (таблица, столбец 18), сельского хозяйства (таблица, столбец 13) и промышленности (таблица, столбец 14). Полученные данные были разделены на четыре категории по степени влияния (таблица, столбец 15):

- 1–5 — (1) — слабая;
- 5–10 — (2) — средняя;
- 10–15 — (3) — высокая;
- 15–20 — (4) — очень высокая.

На схематической карте суммарной техногенной нагрузки на территории Брянской области

(см. рис. 2) показано, что территории Жирятинского (7) и Красногорского (20) районов характеризуются **слабой техногенной нагрузкой**; территории Рогнединского (1), Дубровского (2), Навлинского (12), Брасовского (13), Суземского (15), Мглинского (17), Гордеевского (19) и Злынковского (27) — **средней**; территории Жуковского (3), Клетнянского (6), Выгоничского (8), Почепского (10), Трубчевского (11), Комаричского (14), Севского (16), Суражского (18), Новозыбковского (21), Клинцовского (22), Унечского (23), Погарского (24) и Климовского (26) — **высокой**; территории Дятьковского (4), Брянского (5), Карачаевского (9) и Стародубского (25) районов — **очень высокой** техногенной нагрузкой.

#### Оценка социально-экологической ситуации на территории Брянской области

При оценке социально-экологической ситуации учитывали заболеваемость населения по двум показателям: уровню инфекционной заболеваемости и количеству случаев острых кишечных инфекций (ОКИ) на 100 тыс. человек по данным<sup>2</sup>.

Уровень инфекционных заболеваний (таблица, столбец 19) был разделен на четыре категории:

- 0–10 тыс. чел. — (1) — слабый;

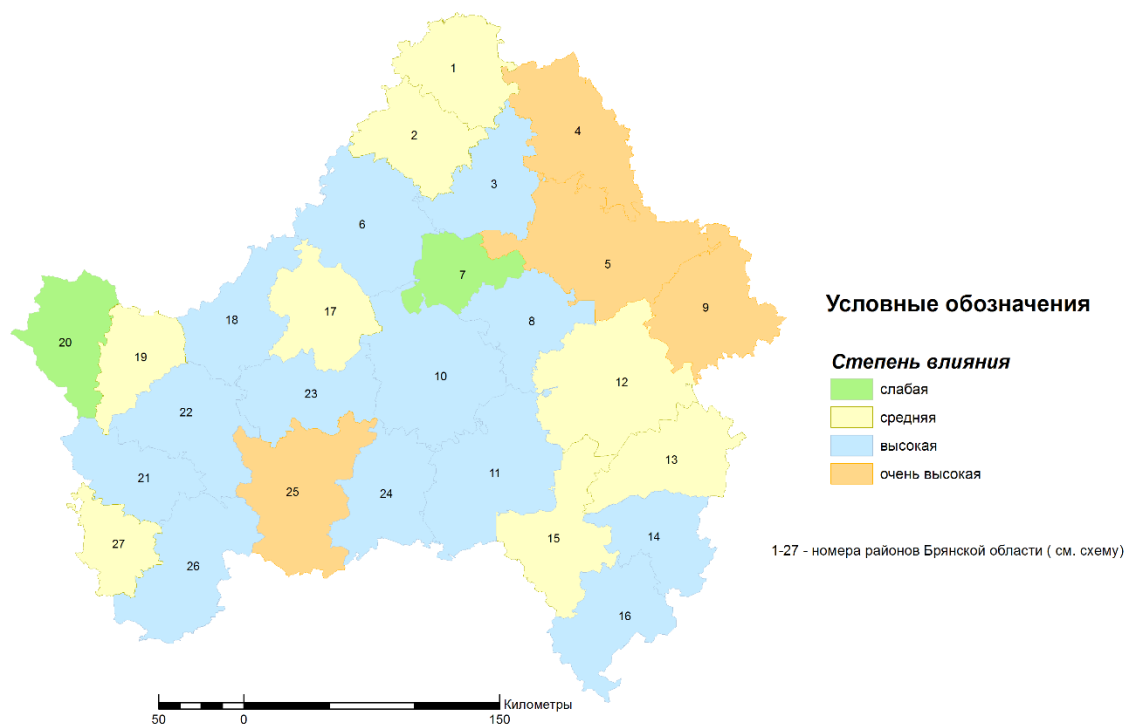


Рис. 2. Схематическая карта суммарной техногенной нагрузки на территории Брянской области

10–20 тыс. чел. — (2) — средний;  
 20–30 тыс. чел. — (3) — высокий;  
 30–40 тыс. чел. — (4) — очень высокий.

Уровень острых кишечных инфекционных заболеваний (ОКИ) (таблица, столбец 20) был также разделен на четыре категории:

0–200 чел. — (1) — слабый;  
 200–400 чел. — (2) — средний;  
 400–600 чел. — (3) — высокий;  
 600–800 чел. — (4) — очень высокий.

Итоговая оценка уровня заболеваемости выполнена суммированием категорий этих двух показателей (таблица, столбец 21) и последующей разбивкой ее на четыре категории: слабый уровень — от 0 до 2, средний — от 2 до 4, высокий — от 4 до 6) и очень высокий — от 6 до 8.

На *схематической карте уровня заболеваемости населения на территории Брянской области* (рис. 3) показано, что Рогнединский (1), Клетнянский (6), Комаричский (14), Севский (16), Красногорский (20), Гордеевский (19) районы характеризуются **слабым уровнем заболеваемости**; Жирятинский (7), Выгоничский (8), Почепский (10), Суземский (15), Клинцовский (22) — **средним**; Дубровский (2), Дятьковский (4), Брасовский (13), Мглинский (17), Суражский (18), Новозыбковский (21), Унечский (23), Погарский (24), Стародубский (25), Климовский (26), Злынковский (27) — **высоким**; Брянский (5), Жуковский (3), Карачаевский (9), Трубчевский (11), Навлинский (12) — **очень высоким**.

#### **Оценка радиационной обстановки на территории Брянской области**

Оценка проводилась по восьми показателям по данным<sup>2,3</sup>.

*Плотность поверхностных выпадений* определялась по данным после аварии на ЧАЭС, которые были получены в результате исследований<sup>9,10</sup> (рис. 4).

Поверхностное загрязнение (см. рис. 4), уменьшилось вдвое, так как после аварии уже

<sup>9</sup> Карта радиоактивного загрязнения Европейской части и Уральского региона России цезием-137 по состоянию на январь 1993 года. Масштаб 1:500000 / Ю. А. Израэль (ответственный редактор), И. М. Назаров, Ш. Д. Фридман [и др.]. М.: Росгидромет, ИГКЭ, ИПГ, НПО «Тайфун», ВНИСХМ, ГМП «Рамон», ГНТП «Аэрогеофизика», Невскгеология, ГПП «Севзапгеология», ПГО «Казгеофизика». 1995 г.

<sup>10</sup> Карта распределения поверхностного загрязнения почвы цезием-137 в результате аварии на Чернобыльской АЭС на территории Белорусской ССР, РСФСР и Украинской ССР (декабрь 1989). Масштаб 1:1000000. Международное агентство по атомной энергии, Вена, 1991.

прошел один период полураспада (30 лет) основных радионуклидов <sup>90</sup>Sr и <sup>137</sup>Cs. Данные разделены на четыре категории (таблица, столбец 22):

0,5–2,5 Ки/км<sup>2</sup> — (1) — низкая;  
 2,5–7,5 Ки/км<sup>2</sup> — (2) — средняя;  
 7,5–20,0 Ки/км<sup>2</sup> — (3) — высокая;  
 более 20,0 Ки/км<sup>2</sup> — (4) — очень высокая.

*Интенсивность внешнего облучения* (гамма-излучения) — МЭД *на открытой местности* (таблица, столбец 23):

0,0–0,1 мкЗв/ч — (1) — слабая;  
 0,2–0,3 мкЗв/ч — (2) — средняя;  
 0,3–0,5 мкЗв/ч — (3) — сильная;  
 0,5–0,7 мкЗв/ч — (4) — очень сильная.

*Интенсивность внешнего облучения* (гамма-излучения) — МЭД (таблица, столбец 24):

0,0–0,1 мкЗв/ч — (1) — слабая;  
 0,2–0,3 мкЗв/ч — (2) — средняя;  
 0,3–0,5 мкЗв/ч — (3) — сильная;  
 0,5–0,7 мкЗв/ч — (4) — очень сильная.

*Индивидуальная доза (плотность) облучения* (таблица, столбец 25):

0–5 мкЗв/год — (1) — слабая;  
 5–10 мкЗв/год — (2) — средняя;  
 10–15 мкЗв/год — (3) — высокая.

*Максимальная СГЭД доза* (таблица, столбец 26):

0,0–0,1 мкЗв/год — (1) — слабая;  
 0,1–0,2 мкЗв/год — (2) — средняя;  
 0,2–0,3 мкЗв/год — (3) — высокая.

*Содержание <sup>137</sup>Cs в растительности* (таблица, столбец 27):

100–200 Бк/кг — (1) — невысокое;  
 200–300 Бк/кг — (2) — слабое;  
 300–400 Бк/кг — (3) — высокое;  
 400–500 Бк/кг — (4) — очень высокое.

*Содержание <sup>137</sup>Cs в сене* (таблица, столбец 28):

0,0–200 Бк/кг — (1) — невысокое;  
 200–400 Бк/кг — (2) — слабое;  
 400–600 Бк/кг — (3) — высокое;  
 600–850 Бк/кг — (4) — очень высокое.

*Содержание <sup>137</sup>Cs в молоке* (табл., столбец 29):

0,0–30 Бк/л — (1) — невысокое;  
 30–50 Бк/л — (2) — среднее;  
 50–100 Бк/л — (3) — высокое;  
 более 100 Бк/л — (4) — очень высокое.

Результатом оценки радиационной обстановки является суммирование всех восьми показателей с дальнейшей разбивкой этой суммы

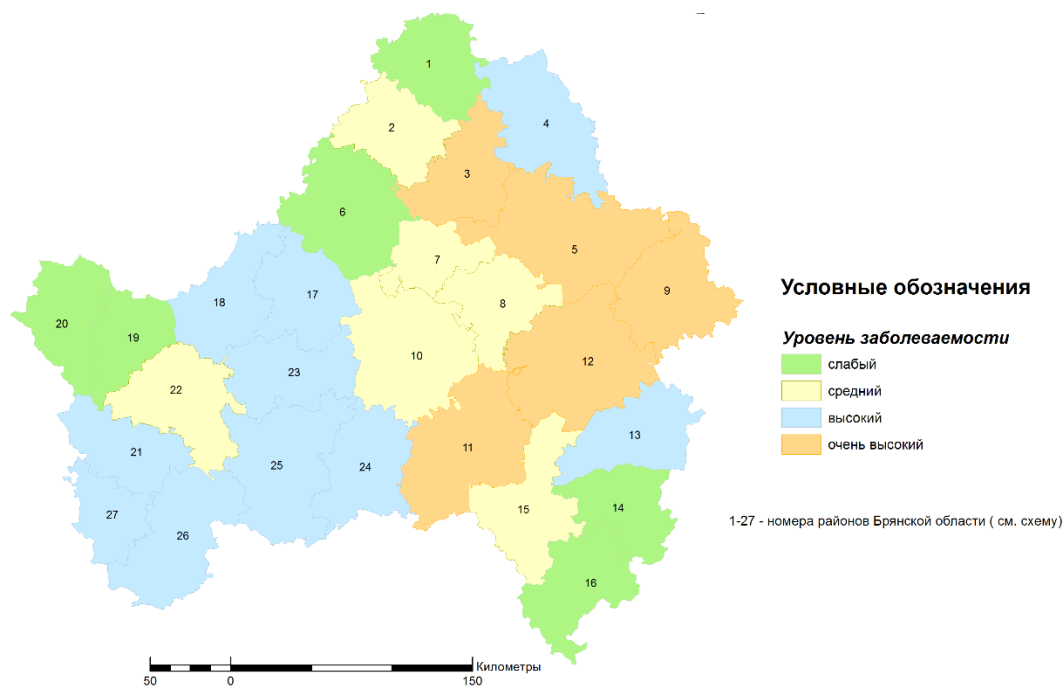


Рис. 3. Схематическая карта уровня заболеваемости населения

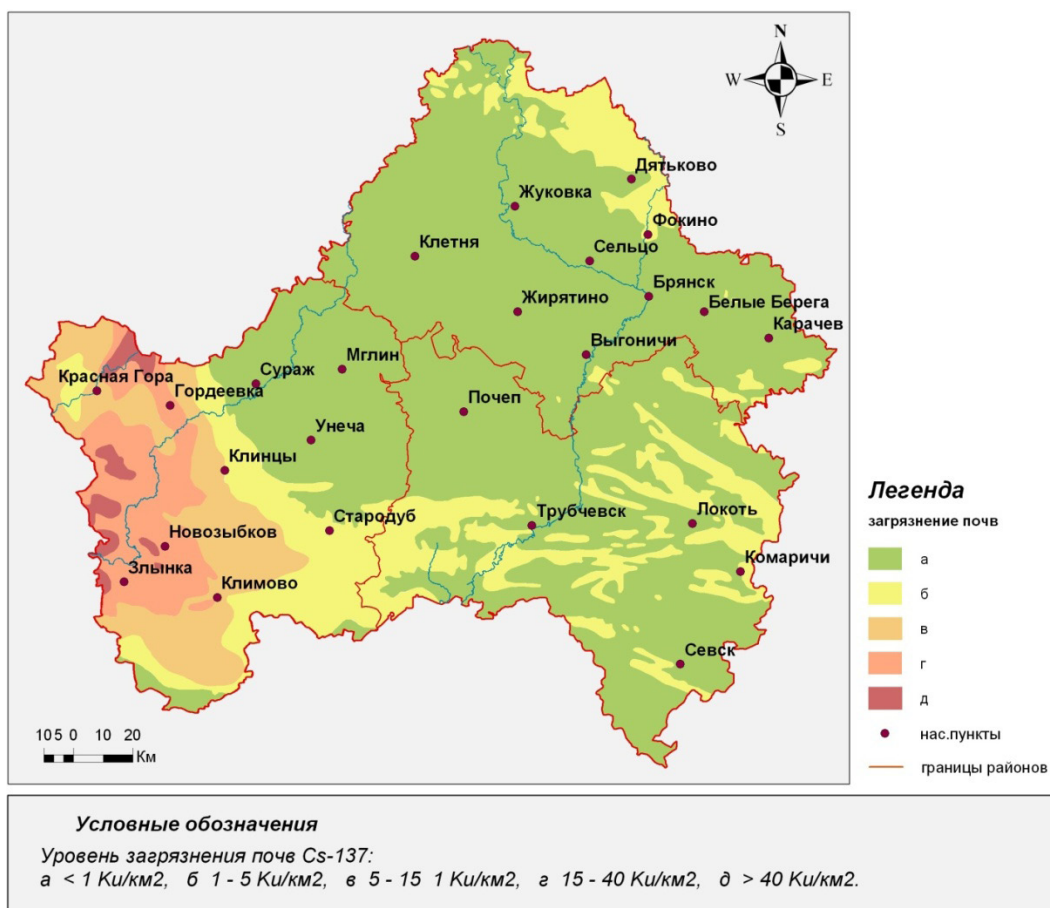


Рис. 4. Карта загрязнения почв <sup>137</sup>Cs на территории Брянской области (по данным Росгидромета за 1993 г.)

на четыре категории по степени напряженности (таблица, столбец 30):

- 0–7 — (1) — слабая;
- 7–11 — (2) — средняя;
- 14–21 — (3) — высокая;
- 21–28 — (4) — чрезвычайно высокая.

Кроме этого, выделена территория, на которой напряженность отсутствует, где плотность радиоактивных выпадений не превышает фоновых значений (Ки/км<sup>2</sup>).

На схематической карте радиационной обстановки на территории Брянской области (рис. 5) показано, что Рогнединский (1), Дубровский (2), Жуковский (3), Дятьковский (4), Брянский (5), Клетнянский (6), Жирятинский (7), Выгоничский (8), Карачаевский (9), Почепский (10), Трубчевский (11), Навлинский (12), Брасовский (13), Комаричский (14), Суземский (15), Севский (16), Мглинский (17), Суражский (18), Погарский (24), Стародубский (25) районы характеризуются **слабой** степенью радиационной напряженности; Унечский (23), Климовский (26) — **средней**; Клинцовский (22) — **высокой**; Гордеевский (19), Красногорский (20), Новозыбковский (21), Злынковский (27) — **чрезвычайно высокой** напряженностью. На территории Дубровского (2), Клетнянского (6), Мглинского (17) и Суражского (18) районов радиационная напряженность отсутствует.

#### Обсуждение результатов исследований

#### *Оценка интегральной (техногенной, эколого-социальной и радиационной) на окружающую среду в районах Брянской области*

Оценка интегральной нагрузки на окружающую среду в Брянской области проведена путем суммирования трех расчетных критериев: техногенной нагрузки (таблица, столбец 15), эколого-социальной (таблица, столбец 21) и радиационной (таблица, столбец 30) с последующей разбивкой на четыре категории по степени нагрузки (таблица, столбец 31):

- 1–3 — (1) — слабая;
- 3–6 — (2) — средняя;
- 6–9 — (3) — высокая;
- 9–12 — (4) — очень высокая.

На схематической карте интегральной нагрузки (рис. 6) (техногенной, эколого-социальной и радиационной) на территории Брянской области показано, что Жирятинский (7) район характеризуется **слабой** степенью интегральной

нагрузки; Рогнединский (1), Дубровский (2), Клетнянский (6), Выгоничский (8), Комаричский (14), Суземский (15), Севский (16), Мглинский (17) — **средней**; Жуковский (3), Дятьковский (4), Почепский (10), Трубчевский (11), Навлинский (12), Брасовский (13), Суражский (18), Гордеевский (19), Красногорский (20), Клинцовский (22), Унечский (23), Погарский (24), Стародубский (25), Климовский (26) районы — **высокой**; Брянский (5), Карачаевский (9), Новозыбковский (21), Злынковский (27) районы — **очень высокой**.

#### Заключение

В Брянской области в основном распространены воды неблагоприятного и сильно неблагоприятного состояния и только на территории 5 районов из 27 воды имеют среднюю степень неблагоприятности; воды с благоприятным состоянием отсутствуют. Все это свидетельствует о значительных проблемах с обеспеченностью населения чистой питьевой водой.

Распространение техногенной нагрузки по территории Брянской области (см. рис. 2) имеет хаотичный характер: высокая и очень высокая нагрузка характерна для 17 районов, на территории остальных 10 районов на севере, западе и юге Брянской области — слабая и средняя.

Распространение заболеваемости (см. рис. 3) в некотором роде сходно с распространением техногенной нагрузки: слабый и средний уровень заболеваемости увеличился на территориях 12 районов (три из них расположены на западе области), при этом более негативное состояние характерно для 15 районов.

Совершенно иное территориальное влияние оказывает радиоактивное загрязнение в Брянской области (см. рис. 5). Здесь имеет место четкое разграничение на высокую и чрезвычайно высокую напряженность радиационной обстановки на западе области (5 районов), на остальной территории — слабую и среднюю, на территории 4 районов таковая отсутствует.

Интегральная оценка влияния разнохарактерной нагрузки на экологическое состояние Брянской области (см. рис. 6) выявила разделение территории области на: западную часть, для которой характерна только высокая и очень высокая интегральная нагрузка за счет техногенной нагрузки и радиоактивного загрязнения (только

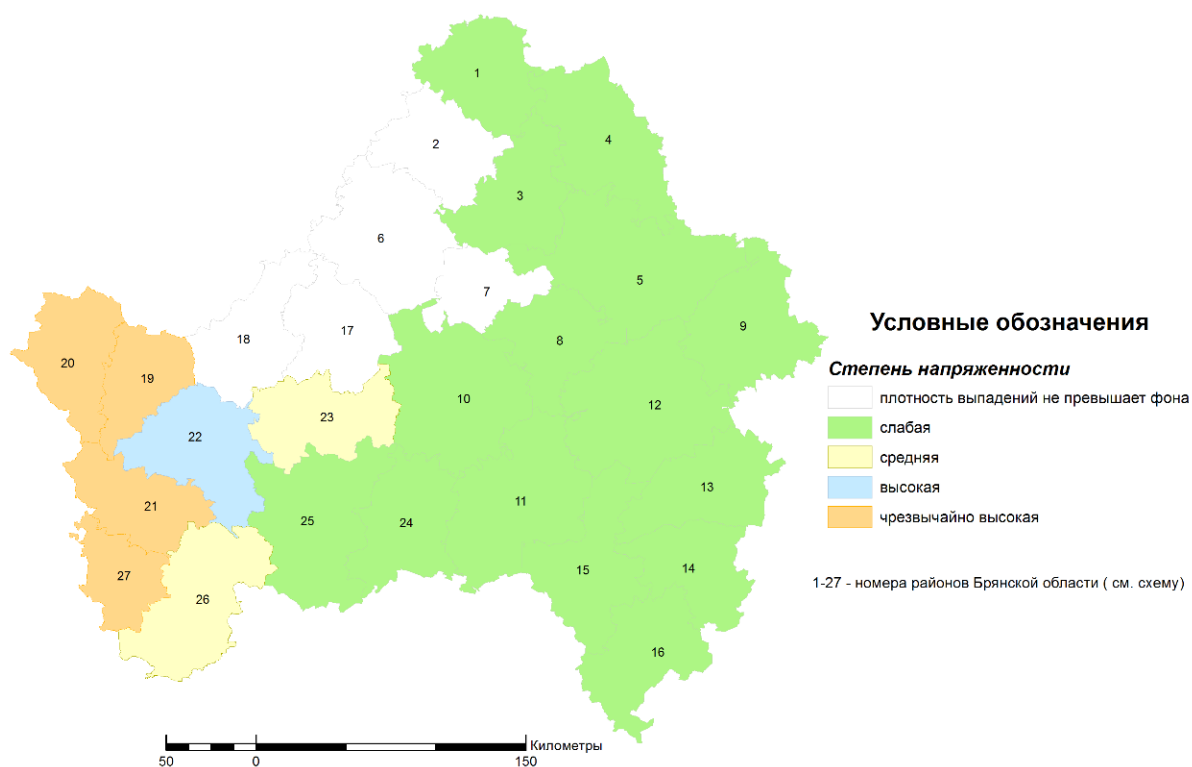


Рис. 5. Схематическая карта радиационной обстановки на территории Брянской области по состоянию на 2020 г.

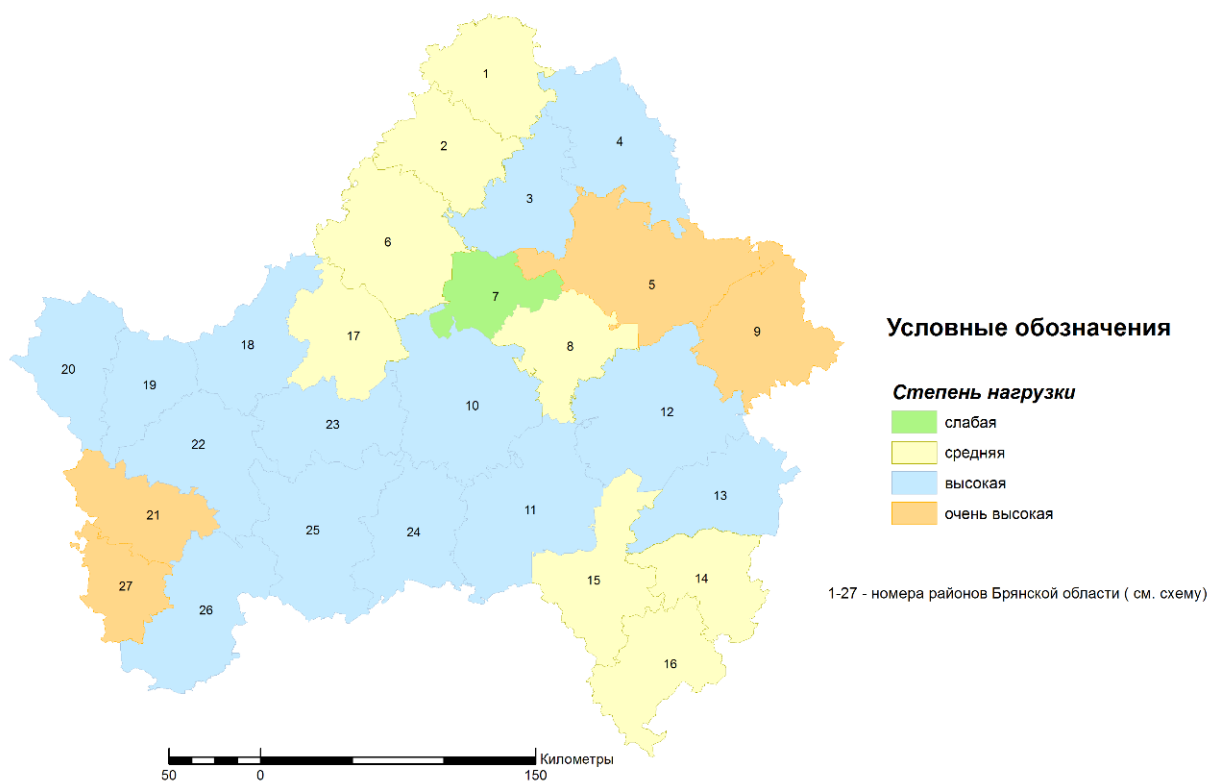


Рис. 6. Схематическая карта интегральной нагрузки (техногенной, эколого-социальной и радиационной) на территории Брянской области

один район со средней нагрузкой), и восточную часть, где слабая и средняя нагрузка выявлена на территории половины районов, а для второй половины — высокая и очень высокая. Существуют участки, где радиоактивная нагрузка не имеет значительного влияния.

Таким образом, западные районы Брянской области характеризуется самой высокой интегральной нагрузкой, хотя по состоянию питьевых вод здесь более благоприятное состояние; по техногенной нагрузке есть районы со слабой и средней нагрузкой, как и по заболеваемости, но по радиоактивной нагрузке он, наоборот, самый неблагоприятный. Все вышеприведенные данные во многом обусловлены тем, что в результате техногенного загрязнения по причине аварии на Чернобыльской АЭС в области имеются районы с ограничениями по различным видам человеческой деятельности и где исключены проживание населения, промышленная и другая деятельность, а следовательно, отсутствуют источники исследуемого загрязнения.

Авторы выражают благодарность магистранту РХТУ им. Д. И. Менделеева П. О. Белокоптову за помощь в построении схематических карт.

### Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-S52003 и по Государственному заданию — номер Программы АААА-А18 - 118022090104-8.

### Литература

1. Белоусова, А. П. (2001). Качество подземных вод. Современные подходы к оценке. М.: Наука, 339 с.
2. Белоусова, А. П. (2005). Ресурсы подземных вод и их защищенность от загрязнения в бассейне реки Днепр и отдельных его областях: Российская территория. М.: ЛЕНАНД, 168 с.
3. Белоусова, А. П. (2015). Мониторинг подземных вод в районах расположения АЭС. Разведка и охрана недр, № 4, сс. 65–71.
4. Белоусова, А. П., Гавич, И. К., Лисенков, А. Б. и Попов Е. В. (2006). Экологическая гидрогеология. Учебник для вузов. М.: ИКЦ «Академкнига», 397 с.
5. Белоусова, А. П., Миняева, Ю. В. и Руденко, Е. Э. (2019). Методы оценки защищенности и уязвимости подземных вод к загрязнению в регионах со сложной экологической ситуацией. Экосистемы: экология и динамика, Т. 3, № 2, сс. 100–130.
6. Белоусова, А. П. и Проскурина, И. В. (2010). Подходы к оценке техногенной нагрузки как фактора опасности загрязнения подземных вод. Вода: химия и экология, № 12 (30), сс. 2–11.

7. Белоусова, А. П. и Руденко, Е. Э. (2017). Субрегиональное районирование техногенной нагрузки на окружающую среду. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, Т. 28, № 5, сс. 21–43. DOI: 10.21513/0207-2564-2017-5-21-43.

8. Белоусова, А. П. и Руденко, Е. Э. (2020). Диагностика экологического состояния бассейна реки Волга. Вода и экология: проблемы и решения, № 2 (82), сс. 12–26. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.2.12-26.

9. Белоусова, А. П., Руденко, Е. Э. и Миняева, Ю. В. (2019). Методика оценки суммарной техногенной нагрузки на окружающую среду в зоне чернобыльского следа. Вода и экология: проблемы и решения, № 2 (78), сс. 59–67. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.2.59-67.

10. Belousova, A. P. (2000). A concept of forming a structure of ecological indicators and indexes for region sustainable development. *Environmental Geology*, Vol. 39, Issue 11, pp. 1227–1236. DOI: 10.1007/s002549900092.

11. Belousova, A. P. (2003). Structure of ecological indicators and indices for sustainable groundwater development. *Water Resources Systems—Water Availability and Global Change* (Proceedings of symposium HS02a held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). IAHS Publication, No. 280, pp. 48–53.

### References

1. Belousova, A. P. (2001). *Quality of underground waters. Modern approaches to assessment*. Moscow: Nauka, 339 p.
2. Belousova, A. P. (2005). *Groundwater resources and their protection against pollution in the Dnieper River basin and its individual areas: Russian territory*. Moscow: LENAND, 168 p.
3. Belousova, A. P. (2015). Groundwater monitoring at nuclear power plant sites. *Prospect and Protection of Mineral Resources*, No. 4, pp. 65–71.
4. Belousova, A. P., Gavich, I. K., Lisenkov, A. B. and Popov, E. V. (2006). *Environmental hydrogeology: textbook for universities*. Moscow: Akademkniga Publishing and Book-Selling Center, 397 p.
5. Belousova, A. P., Minyaeva, Yu. V. and Rudenko, E. E. (2019). Methodology for assessment protection and vulnerability of groundwater from contamination in regions with complex environmental situation. *Ecosystems: Ecology and Dynamics*, Vol. 3, No. 2, pp. 100–130.
6. Belousova, A. P. and Proskurina, I. V. (2010). Technogenic load as risk factor of ground water contamination process. *Water: Chemistry and Ecology*, No. 12 (30), pp. 2–11.
7. Belousova, A. P. and Rudenko, E. E. (2017). Small-scale subdivision of technogenic loading on the environment. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, Vol. 28, No. 5, pp. 21–43. DOI: 10.21513/0207-2564-2017-5-21-43.
8. Belousova, A. P. and Rudenko, E. E. (2020). Analysis of the environmental state of the Volga River basin. *Water and Ecology*, No. 2 (82), pp. 12–26. DOI: 10.23968/2305-3488.2020.25.2.12-26.
9. Belousova, A. P., Rudenko, E. E. and Minyaeva, Yu. V. (2019). Methodology for assessment of the total technogenic load on the environment in the area of Chernobyl trace. *Water and Ecology*, No. 2 (78), pp. 59–67. DOI: 10.23968/2305-3488.2019.24.2.59-67.
10. Belousova, A. P. (2000). A concept of forming a structure of ecological indicators and indexes for region sustainable development. *Environmental Geology*, Vol. 39, Issue 11, pp. 1227–1236. DOI: 10.1007/s002549900092.
11. Belousova, A. P. (2003). Structure of ecological indicators and indices for sustainable groundwater development. *Water Resources Systems—Water Availability and Global Change*

(Proceedings of symposium HS02a held during IUGG2003 at Sapporo, July 2003). IAHS Publication, No. 280, pp. 48–53.

**Авторы**

**Белюсова Анна Павловна**, д-р географ. наук, профессор  
ФГБУН «Институт водных проблем РАН», Москва, Россия  
E-mail: anabel@iwp.ru

**Руденко Елена Эдуардовна**, младший научный  
сотрудник ФГБУН «Институт водных проблем РАН»,  
Москва, Россия

E-mail: schickal@rambler.ru

**Authors**

**Anna Pavlovna Belousova**, DSc in Geography, Professor  
Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia  
E-mail: anabel@iwp.ru

**Elena Eduardovna Rudenko**

Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences,  
Moscow, Russia  
E-mail: schickal@rambler.ru