

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 550.7:504.064.47 (416.1)

ЧЕРНОВА  
Ирина Владимировна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ  
«ПОЛИГОН ТКО – ЗОНА ВЛИЯНИЯ»  
(НА ПРИМЕРЕ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук  
по специальности 25.03.13 – геоэкология

Минск, 2020

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»

Научный руководитель –

**Ясовеев Марат Гумерович**

доктор геолого-минералогических наук, профессор, профессор кафедры общей экологии, биологии и экологической генетики УО «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» БГУ

Официальные оппоненты:

**Хомич Валерий Степанович,**

доктор географических наук, доцент, заместитель директора по научной работе ГНУ «Институт природопользования Национальной академии наук Беларуси»

**Андрушко Светлана Владимировна,**

кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геологии и географии геолого-географического факультета УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»

Оппонирующая организация – Учреждение образования

«Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»

Защита состоится 12 февраля 2020 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.01.06 при Белорусском государственном университете по адресу: 220030, г. Минск, ул. Ленинградская, 8, (юридический факультет), ауд. 407. Телефон ученого секретаря (8-017) 209-55-58, e-mail: antipova@bsu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорусского государственного университета.

Автореферат разослан «    » января 2020 г.

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций Д 02.01.06,  
доктор географических наук, профессор

Е.А. Антипова

## ВВЕДЕНИЕ

Неконтролируемый процесс урбанизации привел в XXI веке к резкому увеличению количества и расширению номенклатуры твердых коммунальных отходов (ТКО). В Республике Беларусь основная их масса размещается на полигонах, такая тенденция в перспективе будет сохраняться. Проблема захоронения отходов для Минской области, где ежегодно захоранивается около 2,9 млн м<sup>3</sup>, особенно актуальна. Большинство полигонов ТКО исчерпали свой резерв с точки зрения срока эксплуатации, их строительство осуществлялось без предварительных инженерно-геологических изысканий, без разработки проекта. Применяемые методы и технологии подготовки отходов к захоронению и их длительному хранению, направленные на снижение опасности полигонов ТКО, не всегда эффективны. В этой связи, с одной стороны, назревшим вопросом является сооружение нового более безопасного поколения полигонов; с другой, необходима единая научно обоснованная концепция, которая бы обеспечивала всестороннюю защиту компонентов окружающей среды (ОС) от воздействия полигонов.

Методической основой ее разработки является анализ жизненного цикла системы обращения с отходами, включающий анализ образования, использования и захоронения отходов; установление факторов взаимодействия системы с окружающей средой; определение зависимости между элементами системы и факторами влияния на качество ОС.

Проведение комплексного исследования системы обращения с отходами позволит предложить концептуальный подход (модель) к обеспечению экологобезопасного управления объектами ТКО на различных этапах их жизненного цикла.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с научными программами.** Работа соответствует приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь 12.03.2015 г. № 190: пункт 10. «Экология и природопользование».

Работа выполнялась на кафедре географии и методики преподавания географии Белорусского государственного педагогического университета при выполнении следующих НИР:

1. Разработать научно-методическое обоснование использования природных ресурсов и национально-культурного достояния Беларуси для целей туризма, рекреации и краеведения; 2011–2015 гг. (№ гос. регистрации 20115060).

2. Разработать технологии дистанционной диагностики состояния и методики картографирования растительности, объектов деятельности человека для беспилотного авиационного комплекса (БАК), 2011–2013 гг. (2.4 Карьеры и несанкционированные свалки) Государственной научно-технической программы «Многофункциональные беспилотные авиационные комплексы и технологии их производства» (ГНТП «БАК и технологии», 2011–2015 гг.) (№ гос. регистрации – 20115369).

**Цель и задачи исследования.** *Целью* работы является оценка геоэкологического состояния окружающей природной среды Минской области в зонах влияния полигонов ТКО и разработка концептуальной модели экологобезопасного управления объектами отходов.

Для достижения поставленной цели решались следующие *задачи*:

1) разработка алгоритма комплексного исследования геоэкологического состояния в зонах влияния полигонов ТКО, включающего методику оценки геоэкологической устойчивости системы «полигон ТКО – зона влияния» и нагрузки объектов отходов на окружающую среду административного района;

2) оценка геоэкологической устойчивости систем «полигон ТКО – зона влияния», их типизация, отбор репрезентативных систем, характеристика их эксплуатационных возможностей;

3) анализ геоэкологических аспектов системы обращения с отходами в Минской области, выявление проблем ее невысокой эффективности;

4) оценка влияния полигонов ТКО на грунтовые воды (ГВ) и почвы, геоэкологические риски и нагрузка полигонов ТКО на окружающую среду административных районов Минской области;

5) разработка комплекса мероприятий, обеспечивающих экологобезопасное управление полигонами ТКО.

*Объект исследования* – система «полигон ТКО – зона влияния».

*Предмет исследования* – влияние полигонов ТКО на компоненты окружающей среды, геоэкологические риски и управление ими на примере Минской области.

**Научная новизна.** Разработан алгоритм комплексного геоэкологического исследования системы «полигон ТКО – зона влияния», включающий разработку методик и оценку устойчивости геологической среды и системы «полигон ТКО – зона влияния», оценку нагрузки полигонов ТКО на окружающую среду административных районов Минской области в виде балльного показателя «потери качества» окружающей среды. Впервые составлены карты, отражающие зависимость между загрязнением компонентов окружающей среды и геоэкологической устойчивостью системы «полигон ТКО – зона влияния». На единой концептуальной основе предложены теоретические,

методологические положения и ряд практических предложений, формализованных в виде модели, для целей экологобезопасного управления полигонами ТКО на этапах проектирования, эксплуатации и рекультивации. Среди них: разработка и обоснование вариантов районирования Минской области для целей захоронения, хранения и использования отходов; направления совершенствования мониторинга грунтовых вод.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Алгоритм комплексного геоэкологического исследования влияния полигонов ТКО на окружающую среду, включающий методику геоэкологической оценки системы «полигон ТКО – зона влияния», адаптированную методику оценки уровня нагрузки и потери качества окружающей среды, базирующиеся на использовании и анализе статистических, фондовых и литературных данных.

2. Геоэкологическая оценка системы «полигон ТКО – зона влияния», проведенная для всех полигонов Минской области с учетом устойчивости геологической среды, наличия и качества средозащитной инфраструктуры, что позволило выделить 6 оценочных категорий состояния объектов исследования: крайне неудовлетворительное и неудовлетворительное (18,8 % систем), удовлетворительное и приемлемое (48,6 %), хорошее и достаточное (32,6 %).

3. Оценка состояния окружающей среды в зонах влияния полигонов ТКО, заключающаяся в выявлении полигонов с наибольшими значениями суммарных индексов загрязнения грунтовых вод (Молодечно – 46,3, Марьина Горка – 27,9) и почв (Борисов – 4,79, Смолевичи – 3,02); полигонов с максимально высокими показателями коэффициента геоэкологического риска (Молодечно – 81,2 и Марьина Горка – 42) и позволившая определить потерю качества и уровень нагрузки на окружающую среду административных районов Минской области, изменяющийся от очень низкого – 1,5 балла (9 районов – 38,9 % площади области), пониженного – 2 балла (5 районов – 27 %), среднего – 2,5 балла (Несвижский район – 4,9 %), повышенного – 3 балла (6 районов – 24,4 %), высокого – 5 баллов (Минский район – 4,8 %).

4. Концептуальная модель экологобезопасного управления системой «полигон ТКО – зона влияния», включающая 2 варианта районирования Минской области для размещения отходов, комплекс организационных мероприятий по оптимизации системы, в том числе расширение государственно-частного партнерства в области обращения с отходами, создание рынка вторичного сырья и информационной базы о наличии таких ресурсов.

**Личный вклад соискателя.** Диссертационная работа является самостоятельным и завершенным исследованием. В основу работы положены

литературные, статистические, картографические, фондовые материалы, программное обеспечение, визуальные наблюдения. Автором систематизированы научные взгляды на проблему безопасного обращения с отходами. Разработан алгоритм комплексного геоэкологического исследования, включающий методику оценки устойчивости системы «полигон ТКО – зона влияния», методику оценки уровня нагрузки полигонов ТКО на окружающую среду административных районов. Оценены геоэкологическая устойчивость систем «полигон ТКО – зона влияния», уровень потери качества и нагрузка на окружающую среду административных районов Минской области, проведена соответствующая типизация. Рассчитаны индексы загрязнения грунтовых вод, почв, геоэкологические риски. Предложена модель экологобезопасного управления системами «полигон ТКО – зона влияния», включающая новый подход к размещению полигонов ТКО, направления совершенствования мониторинга для целей обеспечения геоэкологической безопасности действующих и перспективных полигонов.

**Апробация результатов диссертации.** Материалы диссертационной работы обсуждались на международных и республиканских научных, научно-технических и научно-практических конференциях: «Новые технологии рециклинга отходов» (Минск, 2011); «Техника и технология защиты окружающей среды» (Минск, 2011); «Гатищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики» (Тольятти, 2013); «1 Дорофеевские чтения: экологическая культура и охрана окружающей среды» (Витебск, 2013); «Актуальные проблемы экологии» (Гродно, 2014); «Экология на современном этапе развития общества» (Барановичи, 2014); «Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе» (Минск, 2015, 2017); «Сахаровские чтения» (Минск, 2012, 2013, 2014, 2015, 2018).

**Опубликованность результатов диссертации.** По теме диссертации опубликовано 24 печатные работы, в том числе 6 статей соответствует п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь объемом 3,9 авторских листа, 5 – статьи в сборниках научных трудов, 13 – в сборниках материалов научных конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из перечня сокращений и условных обозначений, введения, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации составляет 180 страниц и включает: 28 таблиц и 33 рисунка – на 59 страницах, список библиографических источников из 231 наименования на 23 страницах, приложения – на 13 страницах.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе «Методологические основы исследования и оценки системы «полигон ТКО – зона влияния» содержится анализ опубликованных работ по исследуемым вопросам, связанным с обеспечением геоэкологической безопасности полигонов ТКО. Особое внимание проблемам влияния полигонов ТКО на компоненты ОС уделяется с 1990-х гг. В работах ряда авторов (И.Л. Башаркевич, 1992; В.С. Хомич и Т.И. Кухарчик, 1997; А.П. Белоусова, 2015 и др.) отмечается загрязнение ГВ ртутью, стронцием, медью и другими опасными элементами. Установлено, что почвы вблизи полигонов характеризуются избыточным накоплением цинка, меди, свинца, никеля и кадмия (Н.А. Лысухо, 1998; Н.В. Ковальчик, 2004 и др.). В большинстве работ (В.М. Гольдберг, 1995; А.В. Кудельский и М.Г. Ясовеев, 1998; Н.А. Лысухо, 1998; Д.М. Ерошина, 2010 и др.) отмечается, что полигоны являются источниками загрязнения ГВ при неблагоприятных геолого-гидрогеологических условиях их размещения.

Методическим аспектам проблемы обращения с отходами посвящены работы А.С. Сенько, Д.М. Ерошиной, Н.А. Лысухо, 1993; А.В. Крюкова, 1996; О.А. Тагиловой, 2005; К.Г. Боголицына, 2007. Установлено, что по настоящее время общепринятой и утвержденной методики, позволяющей оценить геоэкологический риск и уровень нагрузки от полигонов ТКО, нет. Используемые методики

(Л.П. Грибанова, А.А. Шпаков, 1997; Г.Г. Ягафарова, А.М. Шаимова и Л.А. Насыров, 2010 и др.) недооценивают роль опасных отходов. Отсутствуют методики по оценке устойчивости геологической среды в зонах влияния полигонов.

Предложен алгоритм комплексного геоэкологического исследования в зонах влияния полигонов ТКО (рисунок 1). Разработана методика оценки



Рисунок 1. – Алгоритм комплексного исследования геоэкологического состояния в зоне влияния полигона ТКО

геоэкологической устойчивости системы «полигон ТКО – зона влияния», включающая оценку устойчивости геологической среды, наличие и качество средозащитной инфраструктуры.

Исходя из имеющегося опыта (Л.П. Грибанова, 1999; Н.В. Ковальчик, 2011 и др.) в качестве основных критериев, определяющих устойчивость геологической среды, взяты генезис, гранулометрический состав грунтов, обладающих разными сорбционными свойствами и глубина залегания ГВ. При оценке оснащенности средозащитной инфраструктурой учитывается наличие экрана и его качество, системы сбора фильтрата, водоотводной канавы, обвалования. Для количественной оценки устойчивости геологической среды и системы «полигон ТКО – зона влияния» разработана балльная оценка, введены коэффициенты устойчивости геологической среды ( $K_{УГ}$ ) и системы ( $K_{УС}$ ), разработаны оценочные категории устойчивости (таблица 1).

Таблица 1. – Оценочные категории устойчивости геологической среды и системы «полигон ТКО – зона влияния»

Категория устойчивости геологической среды	$K_{УГ}$	Категория устойчивости системы «полигон ТКО – зона влияния»	$K_{УС}$
Очень низкая	До 0,20	Крайне неудовлетворительная	До 0,20
Низкая	0,21 – 0,40	Неудовлетворительная	0,21 – 0,35
Средняя	0,41 – 0,50	Удовлетворительная	0,36 – 0,50
Выше средней	0,51 – 0,60	Приемлемая	0,51 – 0,70
Высокая	0,61 – 0,70	Хорошая	0,71 – 0,90
Очень высокая	Свыше 0,70	Условно достаточная	Свыше 0,90

Оценка нагрузки полигонов ТКО на ОС административного района проводилась по адаптированной автором методике, разработанной для Московской области (Л.П. Грибанова, В.Н. Гудкова, 1999). Уровень нагрузки определялся по пятибалльной шкале, разработанной соискателем в соответствии с критериями оценки качества окружающей среды (Л.П. Грибанова, А.А. Шпаков, 1997) (таблица 2).

Качество окружающей среды следует понимать как степень соответствия ее характеристик потребностям жизни и деятельности человека

(Н.С. Шевцова, Ю.Л. Шевцов, 2010). Автором рассчитан геоэкологический показатель – балл потери качества ( $K_{ОС}$ ), для оценки которого использовались

Таблица 2. – Уровень нагрузки полигонов ТКО на окружающую среду

Уровень нагрузки на окружающую среду	Суммарный показатель потери качества окружающей среды, балл
1 (очень низкий)	1,5
2 (пониженный)	2,0
3 (средний)	2,5
4 (повышенный)	3,0
5 (высокий)	4,0 – 5,0



следующие показатели: удельная площадь полигонов (%) ( $Sp_{уд}$ ); удельная площадь полигонов, расположенных в неблагоприятных геоэкологических условиях ( $Sp_{уд(н)}$ ); удельная масса отходов ( $t/km^2$ ), захороненных на полигонах административного района ( $M_{зуд}$ ); удельная масса экологоопасных отходов ( $M_{зуд(эо)}$ ). Разработаны интервалы значений потери качества, соответствующие каждому из уровней нагрузки. Для определения суммарного показателя потери качества окружающей среды по 4 показателям автором предложена формула:

$$K_{OC} = Sp_{уд} + Sp_{уд(н)} + M_{зуд} + M_{зуд(эо)}$$

Во второй главе «Геоэкологическая оценка и пространственная структура систем «полигон ТКО – зона влияния» анализируются организационно-производственные проблемы, сложившиеся в сфере обращения с отходами в Минской области. Установлены причины низкого уровня извлечения ВМР (7,8 %): недостаточная обеспеченность инфраструктурой, особенно в Борисовском, Минском (без учета г. Минска) и Молодечненском районах (3 единицы на 1000 жителей при оптимальном значении не менее 13); отсутствие частного бизнеса, издержки планирования, несовершенство нормативной базы и др.

Выполнена оценка геоэкологической устойчивости систем «полигон ТКО – зона влияния» (рисунок 2). Выявлено 6 оценочных категорий геоэкологической устойчивости систем и проведена соответствующая группировка. Установлено, что ряд действующих систем (Червень, Молодечно, Крупки, Слуцк и др.) характеризуются неудовлетворительной (8,1 %) и крайне неудовлетворительной (10,8 %) геоэкологической устойчивостью; Узда, Марьяна Горка, Дружный, Мядель, Столбцы и др. – удовлетворительной (27,1 %) и приемлемой (18,9 %); Жодино, Воложин, Кривичи, Копыль, Логойск, Несвиж и др. – хорошей (21,6 %) и условно достаточной (13,5 %).

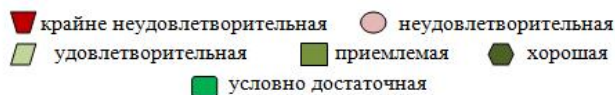
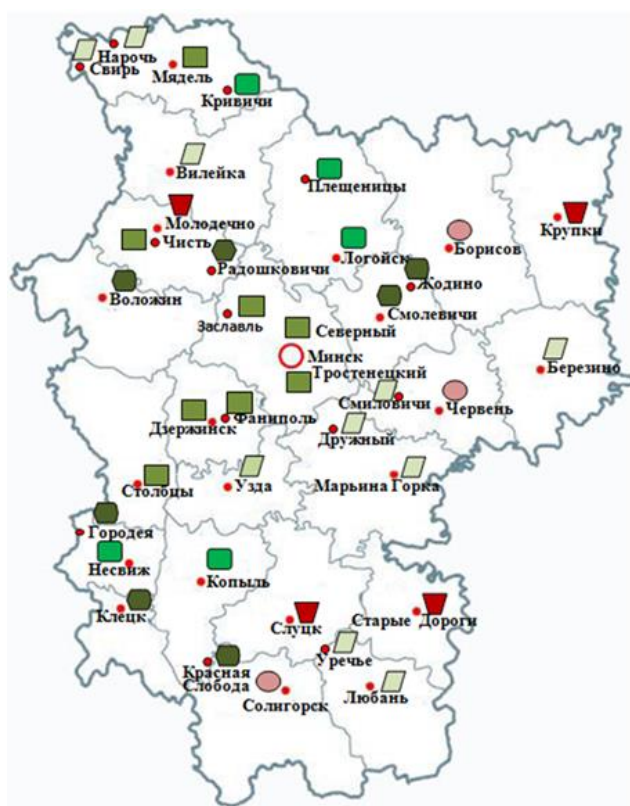


Рисунок 2. – Геоэкологическая устойчивость системы «полигон ТКО – зона влияния»

Проведенная геоэкологическая оценка систем «полигон ТКО – зона влияния» легла в основу выбора 10 репрезентативных объектов, ранжированных в 5 групп по генезису, гранулометрическому составу грунтов, лежащих в основании полигона, и наличию средозащитной инфраструктуры. Первую, вторую и третью группы образуют системы, где устойчивость геологической среды низкая и очень низкая, четвертую и пятую – высокая, выше средней и средняя устойчивость. При этом полигоны третьей и пятой групп оснащены противодиффузионным экраном (таблица 3).

Таблица 3. – Группировка репрезентативных систем «полигон ТКО – зона влияния»

Группа	Система «полигон ТКО – зона влияния»	Грунты, слагающие основание полигона	Уровень грунтовых вод, м	Оснащенность экраном*	Устойчивость	
					геологической среды	системы «полигон ТКО – зона влияния»
I	г. Борисов	флювиогляциальные пески с глинистыми фракциями, пески гумусированные	4,0–9,2	–	низкая	удовлетворительная
II	г. Молодечно	флювиогляциальные пески	2,8–3,3	–	очень низкая	крайне неудовлетворительная
	г. Солигорск		1,2–1,4	+/-		неудовлетворительная
III	г. Вилейка	флювиогляциальные пески	1,0–2,2	+	очень низкая	удовлетворительная
	г. Марьино Горка		4,1–5,2			
	г. п. Дружный		3,5–5,0			
IV	г. Заславль	моренные суглинки	7,2–18,0	–	высокая	приемлемая
	г. Столбцы	моренные супеси	9,7–20,1		выше средней	
V	г. Жодино	моренные супеси	3,5–5,9	+	средняя	хорошая
	г. Смолевичи		5,5–9,9		выше средней	

Примечание: оборудован +, не оборудован –, частично оборудован +/-.

В третьей главе «Оценка состояния окружающей среды и экологических рисков в разнотипных системах «полигон ТКО – зона влияния» приведены результаты исследований влияния полигонов на ГВ и почвы, для чего использованы данные химического анализа проб ГВ, полученные в процессе мониторинга в 2016 г. Рассчитаны суммарные индексы загрязнения ГВ макрокомпонентами ( $SIZ_{МК}$ ), микроэлементами ( $SIZ_{МЭ}$ ) и органическими соединениями ( $SIZ_{ОС}$ ). Установлен высокий уровень загрязнения (по  $SIZ_{ГВ}$ ) в зонах влияния полигонов группы II, расположенных в условиях очень низкой устойчивости геологической среды (основание объекта сложено песками), особенно г. Молодечно, не оснащенного средозащитной инфраструктурой. Здесь экстремально высокая концентрация азота аммонийного, азота нитратного, хлоридов, сухого остатка, свинца, кадмия (таблица 4).

Таблица 4. – Индексы загрязнения грунтовых вод макрокомпонентами и микроэлементами в зонах влияния репрезентативных полигонов ТКО

Группа	Полигон ТКО	NH <sub>4</sub> <sup>++</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Сухой остаток	Кобальт	Медь	Цинк	Свинец	Кадмий
I	г. Борисов	<b>1,5</b>	0,59	0,09	0,01	<0,01	0,63	0,12	0,03	0,04	0,81	0,27
II	г. Молодечно	<b>8,0</b>	<b>5,14</b>	0,77	<b>7,44</b>	0,01	<b>8,59</b>	<b>1,49</b>	0,14	0,5	<b>6,64</b>	<b>4,49</b>
	г. Солигорск	<b>5,1</b>	<b>1,86</b>	<0,01	<0,01	<0,01	0,86	0,13	<0,01	<0,01	0,63	0,51
III	г. Вилейка	1,0	0,12	<0,01	0,01	0,01	0,34	0,03	<0,01	<0,01	0,35	0,12
	г. п. Дружный	0,05	0,87	0,65	<0,01	0,01	0,59	0,03	<0,01	0,03	0,26	0,11
	г. Марьина Горка	<b>3,5</b>	<b>4,93</b>	0,35	0,1	<0,01	<b>5,0</b>	0,79	0,01	0,09	<b>2,41</b>	<b>1,46</b>
IV	г. Заславль	0,25	0,24	0,03	0,37	<0,01	0,37	0,06	<0,01	<0,01	0,56	0,23
	г. Столбцы	<b>5,0</b>	<b>3,65</b>	0,03	<0,01	<0,01	0,3	0,4	0,01	0,03	<b>2,55</b>	<b>1,20</b>
V	г. Жодино	<b>2,6</b>	0,03	<0,01	0,3	0,02	0,24	0,04	<0,01	0,06	0,29	0,10
	г. Смолевичи	0,2	0,12	0,05	0,53	<0,01	0,33	0,03	<0,01	<0,01	0,71	0,11

Примечание: рассчитано по данным филиала «Центральная лаборатория» РУП «Научно – производственный центр по геологии».

В значительно меньшей степени загрязнены ГВ в зонах влияния полигонов группы III, расположенных в аналогичных с группой II геоэкологических условиях, но обустроенных средозащитной инфраструктурой (рисунки 3, 4). Однако в зоне воздействия полигона г. Марьина Горка, где средозащитная инфраструктура невысокого качества, в пробах ГВ высокое содержание хлоридов, азота аммонийного, сухого остатка, свинца (таблица 4).

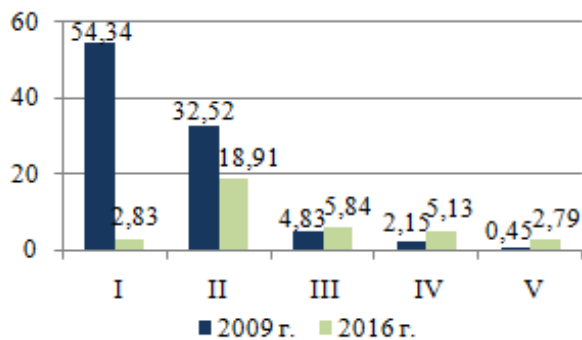


Рисунок 3. – Средний суммарный индекс загрязнения грунтовых вод макрокомпонентами по группам (I-V) репрезентативных полигонов

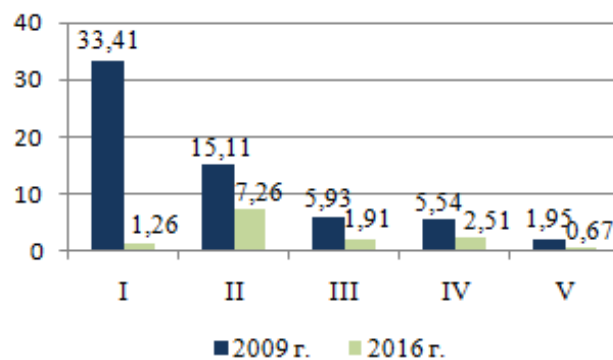


Рисунок 4. – Средний суммарный индекс загрязнения грунтовых вод микроэлементами по группам (I-V) репрезентативных полигонов

Минимальный уровень загрязнения ГВ в зонах влияния полигонов IV и V групп. При этом на полигонах группы V благоприятные геоэкологические условия сочетаются с наличием качественной средозащитной инфраструктуры, и здесь концентрация загрязняющих веществ в пределах допустимых, исключая г. Жодино, где выше норматива содержание азота аммонийного. Сопоставление

наших результатов с ранее полученными за 2009 г. (Д.М. Ерошина, В.В. Ходин, В.С. Зубрицкий, 2010) показывает рост  $SIZ_{МК}$  ГВ полигонов III, IV и V групп и существенное снижение по всем группам  $SIZ_{МЭ}$  (рисунки 3, 4).

Таким образом, из числа макрокомпонентов основным загрязняющим веществом является азот аммонийный, содержание которого в ГВ существенно выше норматива в зонах влияния 6 полигонов ТКО. На 4 из них выше ПДК концентрация хлоридов, азота нитратного (3 класс опасности), сухой остаток (таблица 4).

Концентрация микроэлементов составляет десятые и сотые доли ПДК, однако на полигонах, где в ГВ высока концентрация макрокомпонентов, отмечено и высокое содержание микроэлементов, особенно свинца (таблица 4). Рассчитанный  $SIZ_{МЭ}$  1 и 2 классов опасности для исследуемых систем показывает опасный уровень загрязнения ГВ в зонах влияния полигонов гг. Молодечно (12,6), Марьина Горка (4,7) и Столбцы (4,2). Содержание органических соединений в ГВ находится в пределах ПДК, исключая нефтепродукты – гг. Марьина Горка (6,5 ПДК), Молодечно (3,2), Столбцы (2,1), г. п. Дружный (2,3) и СПАВ – в ГВ полигона г. Марьина Горка (1,9 ПДК).

Установлено, что ГВ в большей степени загрязнены макрокомпонентами (таблица 4). Их долевое участие в загрязнении варьирует от 42 % (г. Смолевичи) до 78 % (г. Солигорск).

Расчет суммарного индекса загрязнения ГВ макрокомпонентами, микроэлементами и органическими соединениями показал их наибольшие значения в зонах влияния полигонов гг. Молодечно (46,3) и Марьина Горка (27,9) (рисунок 5). Сопоставление наших результатов с ранее полученными за 2009 г. (Д.М. Ерошина, В.В. Ходин, В.С. Зубрицкий, 2010) показывает некоторое снижение  $SIZ_{ГВ}$  в зоне влияния полигона г. Молодечно (-11,2 п.п.) и рост – г. Марьина Горка (+10 п.п.).

Установлено, что основными веществами, загрязняющими почвы, являются свинец и цинк. Их наибольшая концентрация отмечена в

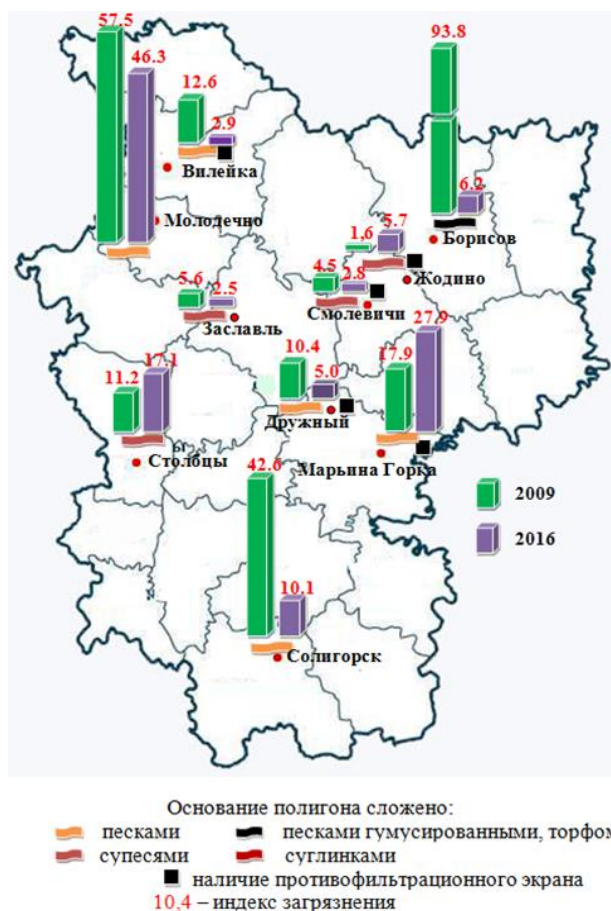


Рисунок 5. – Тенденции изменений суммарного индекса загрязнения грунтовых вод в зонах влияния репрезентативных полигонов ТКО

зонах влияния полигонов гг. Борисова и Смолевичи (таблица 5). В первом случае это обусловлено высоким содержанием гумуса, во втором – наличием глинистой составляющей. Менее загрязнены почвы в зонах воздействия полигонов г. Марьина Горка и г. п. Дружный, расположенных на песчаных грунтах. Максимальный  $SIZ_{П}$  (г. Борисов) превышает минимальный (г. Марьина Горка) в 3,7 раза, и в этом отношении данный показатель выглядит менее контрастно в сравнении с аналогичным показателем по ГВ (19,3 раза).

Таблица 5. – Оценка геоэкологических рисков в зонах влияния полигонов ТКО

Группа	Полигон ТКО	Загрязнение ГВ		Загрязнение почв		Коэффициенты		
		$SIZ_{ГВ}$	доля в $KR_{П}$ , %	$SIZ_{П}$	доля в $KR_{П}$ , %	$K_{ВН}^*$	$K_{ЭО}^{**}$	$KR_{П}$
I	г. Борисов	6,21	39,6	4,79	30,5	1,3	1,1	15,7
II	г. Молодечно	46,28	56,9	1,81	2,2	1,3	1,3	81,2
	г. Солигорск	10,04	60,5	1,55	9,3	1,3	1,1	16,6
	среднее по группе	<b>28,16</b>	<b>57,6</b>	<b>1,68</b>	<b>3,4</b>	–	–	<b>48,9</b>
III	г. Вилейка	2,91	41,6	2,4	38,1	1,2	1,1	7,0
	г. п. Дружный	5,0	55,5	1,31	20,8	1,2	1,2	9,0
	г. Марьина Горка	27,9	66,0	1,29	3,1	1,2	1,2	42,0
	среднее по группе	<b>11,8</b>	<b>61,8</b>	<b>1,67</b>	<b>8,7</b>	–	–	<b>19,3</b>
IV	г. Заславль	2,47	41,2	1,7	28,3	1,2	1,2	6,0
	г. Столбцы	17,12	75,7	1,53	6,8	1,1	1,1	22,6
	среднее по группе	<b>9,79</b>	<b>68,5</b>	<b>1,62</b>	<b>11,3</b>	–	–	<b>14,3</b>
V	г. Смолевичи	2,84	36,9	3,02	39,2	1,2	1,1	7,7
	г. Жодино	5,73	54,1	1,61	15,2	1,2	1,2	10,6
	среднее по группе	<b>4,29</b>	<b>46,6</b>	<b>2,31</b>	<b>25,1</b>	–	–	<b>9,2</b>

Примечание: объем накопившихся отходов; \*\*доля экологоопасных отходов.

Проведенные расчеты геоэкологического риска ( $KR_{П}$ ) показали наибольшие значения в зонах влияния полигонов гг. Молодечно (81,2) и Марьина Горка (42,0) (рисунок 6). В структуре отходов на этих полигонах высока доля экологоопасных отходов (20,8 и 5,7 % соответственно). Выявлено, что величина риска в большей степени обусловлена загрязнением ГВ. Наибольшее доленое участие загрязнения ГВ и наименьшее – загрязнения почв в величине геоэкологического риска отмечено в зонах влияния полигонов, основание которых сложено песками: гг. Молодечно (57/2,2 %), Солигорска (61/9,3), Марьина Горка (66/3,1 %) соответственно (таблица 5).

Проведена оценка уровня нагрузки полигонов на окружающую среду административных районов Минской области. Установлено, что для 9 административных районов (38,9 % территории Минской области), где полигоны расположены в благоприятных геоэкологических условиях, суммарный балл потери качества составляет 1,5 (таблица 6). Это соответствует первому (очень низкому) уровню нагрузки (рисунок 6).

Второй (пониженный) уровень нагрузки ( $K_{oc}$  2 балла) сложился в 5 районах (27 %) (рисунок 6). Среди них: Мядельский район, где сочетаются объекты, расположенные в условиях очень низкой (г. п. Свирь и к. п. Нарочь), выше средней (г. Мядель) и высокой (г. п. Кривичи) устойчивости геологической среды; Березинский, Вилейский, Любанский, Червенский районы, где удельная площадь полигонов, расположенных в условиях очень низкой устойчивости геологической среды невелика (таблица 6).

Третьим (средним) уровнем нагрузки ( $K_{oc}$  2,5 балла) отмечен Несвижский район (4,9 %), где полигоны расположены в благоприятных геоэкологических условиях, но здесь самая значительная среди всех районов Минской области удельная площадь полигонов.

Четвертым (повышенным) уровнем нагрузки ( $K_{oc}$  3 балла) характеризуются 6 районов (24,4 %): Крупский, Молодечненский, Пуховичский, Солигорский, Стародорожский, Слуцкий, что обусловлено высокой удельной площадью полигонов ТКО, расположенных в условиях очень низкой устойчивости геологической среды. Пятым (высоким) уровнем



Рисунок 6. – Коэффициент геоэкологического риска репрезентативных полигонов и уровень нагрузки отходов на природную среду административных районов Минской области

Таблица 6. – Потеря качества окружающей среды административных районов Минской области под влиянием полигонов ТКО (баллы)

Район	Показатель оценки				Суммарный балл потери качества ( $K_{oc}$ )
	$S_{Пвд}$	$S_{Пвд(н)}$	$M_{зуд}$	$M_{зуд(со)}$	
Борисовский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Воложинский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Дзержинский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Клецкий	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Копыльский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Логойский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Смолевичский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Столбцовский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Узденский	0,5	0	0,5	0,5	1,5
Вилейский	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
Березинский	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
Любанский	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
Мядельский	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
Червенский	0,5	0,5	0,5	0,5	2,0
Несвижский	1,5	0	0,5	0,5	2,5
Крупский	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0
Молодечненский	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0
Пуховичский	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0
Слуцкий	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0
Солигорский	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0
Стародорожский	0,5	1,5	0,5	0,5	3,0
Минский	1,5	1,5	0,5	1,5	5,0

нагрузки ( $K_{oc} 5$ ) характеризуется Минский район (4,8 % территории), что объясняется высокой удельной площадью полигонов, в том числе расположенных в неблагоприятных геоэкологических условиях, и удельной массой экологоопасных отходов (таблица 6).

В четвертой главе «Обоснование направлений совершенствования территориальной организации систем «полигон ТКО – зона влияния» и их экологобезопасного функционирования» предлагаются мероприятия и способы их реализации по обеспечению экологобезопасного управления системой «полигон ТКО – зона влияния», представленные в виде концептуальной модели (рисунок 7).



Рисунок 7. – Модель экологобезопасного управления системой «полигон ТКО – зона влияния»

Основные положения концептуальной модели:

1. *Оптимизация размещения полигонов ТКО.* Предложены варианты районирования (6 и 7 функциональных районов) Минской области для целей захоронения, хранения и использования отходов (рисунок 8). Определение границ районов, количества объектов инфраструктуры, их размещение приведено с учетом устойчивости геологической среды, административного деления и создания 6 городов-спутников Минской агломерации.

2. *Технические решения при строительстве, эксплуатации, рекультивации полигонов:*

– этап проектирования и строительства полигона ТКО: анализируются варианты конструкций противofильтрационных экранов (О.А. Тагилова, 2003; Г.В. Зубченко, 2005). Рекомендовано на новых полигонах использовать более надежные способы защиты ГВ: бентонитовую гидроизоляцию, отходы производства – отвалный фосфогипс (Ф.Ф. Можейко, 1998; А.П. Белоусова, 2015);

– этап эксплуатации полигона включает мероприятия по управлению и контролю эмиссий с полигона, в том числе совершенствование технологии захоронения отходов способом сочетания брикетированных и рыхлых отходов;

– этап закрытия и рекультивации полигона ТКО: предложено рекультивацию полигонов с накоплением отходов более 800 тыс. м<sup>3</sup> (гг. Молодечно, Солигорск), расположенных в условиях очень низкой устойчивости геологической среды, осуществлять способом «влажной камеры», что позволит сократить срок стабилизации полигонов.

3. *Контроль и управление количеством и качеством поступающих на полигон отходов* предполагает, в первую очередь, их использование в качестве сырья и продуктов посредством создания эффективной системы их раздельного сбора. С этой целью необходимо расширить государственно-частное партнерство в области обращения с отходами, создать рынок вторичного сырья и информационную базу о наличии таких ресурсов. Целесообразно разработать закон об использовании ВМР.

4. *Минимизация воздействия эксплуатируемых объектов размещения отходов:* поэтапное применение покровных экранов с использованием местных грунтов или инертных однородных отходов с последующим уплотнением, изоляция грунтов по контуру и устройство противодиффузионной диафрагмы.

5. *Мониторинг в геоэкологической системе «полигон ТКО – зона влияния»:* предложен альтернативный подход к определению минимального перечня загрязняющих веществ в ГВ. Согласно инструкции о порядке проведения локального мониторинга ГВ анализ проб должен проводиться по 23 параметрам. В результате исследования установлено, что на полигонах, в ГВ которых концентрация азота аммонийного, хлоридов, сухой остаток в пределах ПДК, отмечается и низкое содержание других загрязняющих веществ. В этой связи, считаем возможным на первом этапе определять концентрацию 5

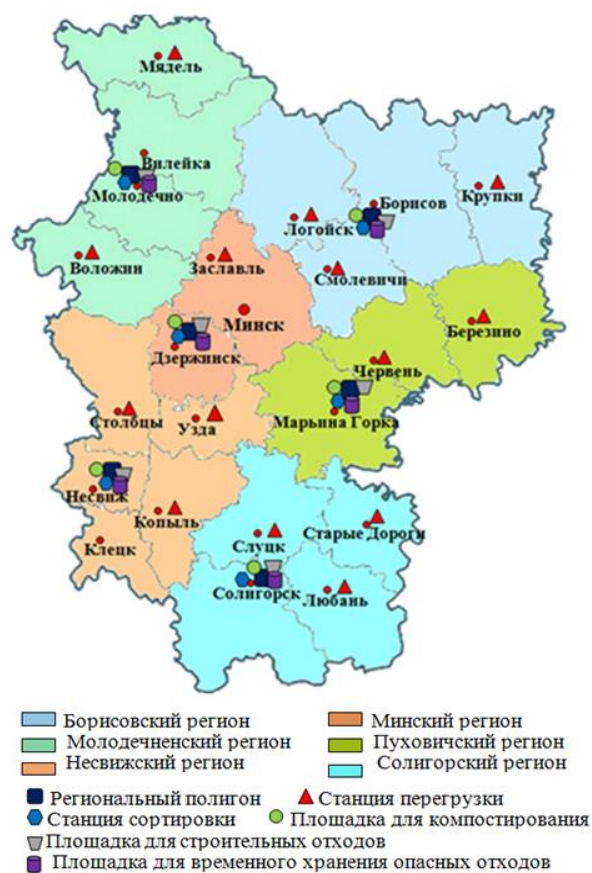


Рисунок 8. – Размещение объектов инфраструктуры при делении Минской области на 6 функциональных районов



основных загрязняющих веществ (азот аммонийный, хлориды, азот нитратный, сухой остаток, свинец). На полигонах, в ГВ которых эти показатели превышают ПДК, проводить анализ по всем показателям, так как с большой долей вероятности они в разном количестве будут присутствовать. Предлагаем включить в мониторинг данные, позволяющие определять причины и условия формирования сложившейся ситуации. Это позволит реализовать основные принципы локального мониторинга: целевой, причинности и оптимальности (В.П. Музыкин и Ю.Ф. Антипилович, 2017).

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты**

1. Разработана методика оценки геоэкологической устойчивости системы «полигон ТКО – зона влияния» и адаптирована методика оценки уровня нагрузки полигонов на окружающую среду, для реализации которых разработано несколько частных методик, в т.ч.: оценки устойчивости геологической среды, оценки потери качества окружающей среды в пределах административного района. Для этих показателей предложены формулы расчета, позволяющие перевести качественные характеристики в количественные и установить прямую зависимость загрязнения грунтовых вод, величины геоэкологического риска, уровня нагрузки на окружающую среду от геоэкологической устойчивости системы [4, 5, 19, 23, 24].

2. С учетом устойчивости геологической среды, наличия и качества средозащитной инфраструктуры проведена геоэкологическая оценка эксплуатируемых в Минской области систем «полигон ТКО – зона влияния». Выявлено 5 оценочных категорий состояния геологической среды: от низкой и очень низкой (48,6 %), до средней, выше средней (29,8 %) и высокой (21,6 %) – и 6 оценочных категорий состояния системы: крайне неудовлетворительной и неудовлетворительной (18,9 %), удовлетворительной и приемлемой (48,5 %), хорошей и достаточной (32,6 %). Крайне неудовлетворительной геоэкологической устойчивостью характеризуются системы гг. Молодечно (коэффициент устойчивости 0,15), Крупки, Слуцк, Старые Дороги (0,20) [4, 5, 24].

3. Проведена оценка состояния окружающей среды в зонах влияния полигонов ТКО, которая показала, что максимальные значения суммарного индекса загрязнения грунтовых вод и геоэкологического риска установлены для систем Молодечно (46,3 и 81,2) и Марьино Горка (27,9 и 42 соответственно). Величина геоэкологического риска обусловлена в первую очередь, загрязнением грунтовых вод. Существенно меньше в величине геоэкологического риска степень загрязнения почв, объемов накопившихся на

полигонах отходов (в том числе экологоопасных). Снижение доли загрязнения грунтовых вод и возрастание загрязнения почв в величине геоэкологического риска отмечено для полигонов, основание которых сложено моренными супесями (г. Смолевичи 37 и 39 %), суглинками (г. Заславль 41 и 28 %) и торфом (г. Борисова 40 и 31 %) [4, 5, 18, 19, 20, 21].

4. Установлено, что уровень потери качества и нагрузки выше в административных районах с высокой удельной площадью полигонов, расположенных в неблагоприятных геоэкологических условиях, значительной удельной массой захораниваемых отходов, в том числе экологоопасных и представляют наибольший риск для компонентов окружающей среды. Наиболее высоким уровнем потери качества окружающей среды (5 баллов) и нагрузкой на среду (5-й уровень) характеризуется Минский район (4,8 % площади Минской области), наименьшим показателем потери качества (1,5 балла) и нагрузки (1-й уровень) отмечены 9 из 22 районов (38,9 %), где полигоны расположены в благоприятных геоэкологических условиях [4, 5, 23].

5. Разработана концептуальная модель экологобезопасного управления системой «полигон ТКО – зона влияния». Разработаны 2 варианта районирования Минской области для целей захоронения, хранения и использования отходов, что позволит сократить количество полигонов с 36 ныне действующих до 6 или 7 региональных. Предложены организационные мероприятия по оптимизации системы обращения с отходами, в том числе расширение государственно-частного партнерства в области обращения с отходами, создание рынка вторичного сырья и информационной базы о наличии таких ресурсов. Предложены направления совершенствования мониторинга грунтовых вод, в части подхода к определению минимального перечня загрязняющих веществ, что будет соответствовать основным принципам локального мониторинга [1, 2, 3, 6–17, 22].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

1. Мероприятия для целей экологобезопасного управления полигонами способствуют повышению геоэкологической безопасности объектов ТКО (справка о практическом использовании результатов исследования в производственной деятельности УП «ЖИЛТЕПЛОСЕРВИС» КХ г. Марьино Горка, Пуховичского района от 09.08.2017 № 01-09/2858).

2. Методика оценки геоэкологической устойчивости системы «полигон ТКО – зона влияния» является научно обоснованной, прошла апробацию и может служить основой для аналогичного исследования в других областях Республики Беларусь, а также использоваться в учебном процессе при подготовке студентов

по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

3. Модель экологобезопасного управления полигонами ТКО является научно обоснованной и может использоваться жилищно-коммунальными хозяйствами для целей совершенствования системы обращения с отходами; в процессе мониторинга грунтовых вод в зоне влияния полигона ТКО в части подхода к определению минимального перечня загрязняющих веществ; с целью повышения безопасности и продления срока эксплуатации действующих полигонов; в учебном процессе при подготовке студентов по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

## **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ**

### **Статьи в рецензируемых научных журналах**

1. Шуканова, З.Н. Твердые коммунальные отходы как альтернативный источник энергии в Республике Беларусь / З.Н. Шуканова, И.В. Чернова, А.И. Тюрина // Весці БДПУ. Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2011. – №1(67). – С. 63–66.

2. Шуканова, З.Н. Эколого-экономическое обоснование использования биогаза полигонов твердых коммунальных отходов Минской агломерации / З.Н. Шуканова, И.В. Чернова // Весці БДПУ. Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2012. – №1(71). – С. 64–69.

3. Чернова, И.В. Оптимизация системы обращения с отходами как фактор решения геоэкологических проблем / И.В. Чернова // Весці БДПУ. Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2013. – №3(77). – С. 60–64.

4. Чернова, И.В. Оценка загрязнения грунтовых вод в геоэкологической системе «полигон – прилегающая территория» / И.В. Чернова // Весці БДПУ. Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2016. – №1(87). – С. 81–86.

5. Чернова, И.В. Оценка геоэкологических рисков захоронения твердых коммунальных отходов (на примере Минской области) / И.В. Чернова // Природопользование : сб. науч. тр. / Ин-т природопользования НАН Беларуси ; редкол.: А.К. Карабанов (гл. ред.) [и др.]. – Минск. – 2016. – Вып. 29. – С. 104–112.

6. Чернова, И.В. Концептуальная модель геоэкологической безопасности складирования твердых коммунальных отходов / И.В. Чернова, М.Г. Ясовеев // Весці БДПУ. Сер. 3. Фізіка. Матэматыка. Інфарматыка. Біялогія. Геаграфія. – 2017. – №3(93). – С. 64–70.

## Статьи в других научных журналах и в сборниках научных трудов

7. Ясовеев, М.Г. Проблемы и перспективы утилизации коммунальных отходов в Минской агломерации / М.Г. Ясовеев, И.В. Чернова, А.А. Колосовский // Научно-методическое обеспечение деятельности по охране окружающей среды: проблемы и перспективы : сб. науч. тр. / М-во природ. ресур. и охр. окр. среды Респ. Беларусь : РУП Бел НИЦ «Экология» ; под ред. В.И. Ключеновича. – Минск, 2011. – С. 197–207.

8. Ясовеев, М.Г. Геоэкологические проблемы обращения с отходами в г. Минске и пути их решения / М.Г. Ясовеев, И.В. Чернова // Экологический вестник. – 2013. – № 1(23). – С. 70–77.

9. Чернова, И.В. Эколого-экономические направления совершенствования системы обращения с твердыми коммунальными отходами / И.В. Чернова // Образование и наука в Беларуси: актуальные проблемы и перспективы развития в XXI веке : сб. науч. ст. / Бел. гос. пед. ун-т им. М. Танка : редкол.: В.В. Бущик [и др.]. – Минск, 2013. – С. 328–332.

10. Шуканова, З.Н. Эколого-экономические аспекты выбора технологий утилизации твердых коммунальных отходов / З.Н. Шуканова, И.В. Чернова // Географія. – 2014. – №2(99). – С. 3–9.

11. Чернова, И.В. Разработка модели геоэкологической защиты при захоронении твердых коммунальных отходов (на примере Минской области) / И.В. Чернова // Актуальныя пытанні сучаснай навукі : сб. науч. ст. / Бел. гос. пед. ун-т им. М. Танка : редкол.: Г.В. Торхова [и др.]. – Минск, 2015. – С. 321–327.

## Материалы научных конференций

12. Экологические аспекты утилизации твердых коммунальных отходов в Минской агломерации / М.Г. Ясовеев, И.В. Чернова, А.А. Колосовский, Н.Л. Борисова // Техника и технология защиты окружающей среды : материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 26–27 окт. 2011 г. / Бел. гос. техн. ун-т : редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Минск, 2011. – С. 23–27.

13. Альтернативные технологии по обращению с отходами / М.Г. Ясовеев, А.А. Колосовский, Н.Л. Борисова, И.В. Чернова, В.А. Гулякин // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления : материалы междунар. науч.-техн. конф., Минск, 23–24 нояб. 2011 г. / Бел. гос. техн. ун-т : редкол.: И.М. Жарский [и др.]. – Минск, 2011. – С. 281–285.

14. Чернова, И.В. Экологические аспекты обращения с отходами (на примере г. Минска) / И.В. Чернова // Сахаровские чтения 2012 года: экологические проблемы XXI века : материалы 12-й междунар. науч. конф.,

Минск, 17–18 мая 2012 г. : / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; редкол.: С.П. Кундас [и др.]. – Минск, 2012. – С. 357.

15. Ясовеев, М.Г. Использование биогаза полигонов твердых коммунальных отходов / М.Г. Ясовеев, И.В. Чернова // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики. Актуальные проблемы экологии и охраны окружающей среды : материалы X междунар. науч.-практ. конф., Тольятти, 18–21 апр. 2013 г. / Волжский ун-т : редкол.: Р.С. Галиев [и др.]. – Тольятти, 2013. – С. 112–118.

16. Чернова, И.В. Методические подходы оценки эмиссии метана от полигонов твердых коммунальных отходов / И.В. Чернова // Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века : материалы 13-й междунар. науч. конф., Минск, 16–17 мая 2013 г. : / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; редкол.: С.П. Кундас [и др.]. – Минск, 2013. – С. 349.

17. Чернова, И.В. Оценка эмиссии биогаза от полигонов твердых коммунальных отходов / И.В. Чернова // Экологическая культура и охрана окружающей среды: I Дорофеевские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 21–22 нояб. 2013 г. / Витебский гос. ун-т : редкол.: И.М. Прищепа (отв. ред.) [и др.]. – Витебск, 2013. – С. 311–313.

18. Чернова, И.В. Оценка экологического воздействия фильтрата на подземные воды (на примере полигона твердых коммунальных отходов «Тростенец») / И.В. Чернова // Сахаровские чтения 2014 года: экологические проблемы XXI века : материалы 14-й междунар. науч. конф., Минск, 29–30 мая 2014 г. : МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; редкол.: С.П. Кундас [и др.]. – Минск, 2014. – С. 262–263.

19. Чернова, И.В. Методические подходы к оценке риска воздействия полигонов твердых коммунальных отходов на подземные воды / В.И. Чернова, М.Г. Ясовеев, З.Н. Шуканова // Актуальные проблемы экологии : материалы X междунар. науч.-практ. конф., Гродно, 1–3 окт. 2014 г. / Гродненский гос. ун-т : редкол.: В.Н. Бурдь [и др.]. – Гродно, 2014. – С. 71–73.

20. Чернова, И.В. Оценка риска воздействия полигонов твердых коммунальных отходов на почвы (на примере Минской области) / И.В. Чернова // Экология на современном этапе развития общества : материалы междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 25–26 ноября 2014 г. / Барановичский гос. ун-т : редкол.: С.К. Рындевич [и др.]. – Барановичи, 2014. – С. 228–232.

21. Чернова, И.В. Геоэкологическая оценка влияния полигонов твердых коммунальных отходов на состояние почвогрунтов (на примере Минской области) / И.В. Чернова // Сахаровские чтения 2015 года: экологические проблемы XXI века : материалы 15-й междунар. науч. конф., Минск, 21–22 мая

2015 г. : / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; редкол.: С.С. Позняк [и др.]. – Минск, 2015. – С. 278.

22. Чернова, И.В. Совершенствование территориальной организации захоронения ТКО в Минской области / И.В. Чернова // Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе : материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–23 окт. 2015 г. / Бел. гос. пед. ун-т : редкол.: В.Н. Никандров [и др.]. – Минск, 2015. – С. 93–96.

23. Чернова, И.В. Комплексная оценка геоэкологической нагрузки объектов отходов на окружающую среду (на примере Минской области) / И.В. Чернова, Э.В. Какарека // Современные проблемы естествознания в науке и образовательном процессе : материалы республикан. науч.-практ. конф., Минск, 22 нояб. 2017 г. / Бел. гос. пед. ун-т : редкол.: И.А. Жукова [и др.]. – Минск, 2017. – С. 327–330.

24. Чернова, И.В. Геоэкологическая устойчивость систем «полигон – прилегающая территория» (На примере Минской области) / И.В. Чернова // Сахаровские чтения : материалы 18-й междунар. науч. конф., Минск, 17–18 мая 2018 г. : тез. докл. / Междунар. гос. эколог. ун-т ; редкол.: С.А. Маскевич [и др.]. – Минск, 2018. – С. 103–105.

**РЕЗЮМЕ**

Чернова Ирина Владимировна

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ  
«ПОЛИГОН ТКО – ЗОНА ВЛИЯНИЯ»  
(НА ПРИМЕРЕ МИНСКОЙ ОБЛАСТИ)**

**Ключевые слова:** геоэкологическая устойчивость, ландшафт, полигон, твердые коммунальные отходы, грунтовые воды, почвы, индекс загрязнения, экологический риск, качество окружающей среды, мониторинг.

**Цель работы:** оценка геоэкологического состояния окружающей природной среды Минской области в зонах влияния полигонов ТКО и разработка концептуальной модели экологобезопасного управления объектами отходов.

**Методы исследований:** синтез, анализ, обобщения информации, статистический, сравнительный, картографический.

**Полученные результаты и их новизна:** разработан алгоритм комплексного геоэкологического исследования влияния полигонов ТКО на компоненты окружающей среды, включающий методику оценки уровня устойчивости геологической среды и системы «полигон ТКО – зона влияния», методику оценки уровня нагрузки полигонов ТКО на окружающую среду административного района. Рассчитаны индексы загрязнения грунтовых вод, почв, геоэкологические риски. Впервые по адаптированной автором методике определен уровень нагрузки полигонов на окружающую среду административных районов Минской области, проведена соответствующая группировка, установлены факторы, определяющие уровень нагрузки. Разработана модель экологобезопасного управления полигонами ТКО. Предложены варианты районирования Минской области для целей захоронения, хранения и использования отходов. Предложены и обоснованы направления совершенствования мониторинга грунтовых вод.

**Рекомендации по использованию:** теоретические положения и практические результаты работы используются в производственной деятельности УП «ЖИЛТЕПЛОСЕРВИС» КХ г. Марьино Горка Пуховичского района для целей повышения геоэкологической безопасности полигона ТКО, могут быть использованы в учебном процессе при подготовке студентов по специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

**Область применения:** охрана окружающей среды, мониторинг грунтовых вод.

**РЭЗІЮМЭ****Чарнова Ірына Уладзіміраўна  
ГЕАЭКАЛАГІЧНАЯ АЦЭНКА СІСТЭМЫ  
«ПАЛІГОН ЦКА - ЗОНА УПЛЫВУ»  
(НА ПРЫКЛАДЗЕ МІНСКАЙ ВОБЛАСЦІ)**

**Ключавыя словы:** геаэкалагічная ўстойлівасць, ландшафт, палігон, цвёрдыя камунальныя адходы, грунтавыя воды, глебы, індэкс забруджвання, экалагічная рызыка, якасць навакольнага асяроддзя, маніторынг.

**Мэта працы:** ацэнка геаэкалагічнага стану навакольнага прыроднага асяроддзя Мінскай вобласці ў зонах уплыву палігонаў ЦКА і распрацоўка канцэптуальнай Мадэлі геаэкалагічнай бяспекі аб'ектаў адходаў.

**Метады даследаванняў:** сінтэз, аналіз, абагульненне інфармацыі, статыстычны, параўнальны, картаграфічны.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** распрацаваны алгарытм комплекснага даследавання, у складзе якога метадыка ацэнкі ўзроўня ўстойлівасці геалагічнага асяроддзя і сістэм "палігон – зона уплыву», метадыка ацэнкі ўзроўня нагрузкі адходаў на навакольнае асяроддзе адміністрацыйнага раёна. Разлічаны індэксы забруджвання грунтавых вод, глебаў, геаэкалагічныя рызыкі. Створаны шэраг прыкладных тэматычных карт, якія адлюстроўваюць геаэкалагічную сітуацыю ў зонах уплыву палігонаў ЦКА ў Мінскай вобласці. Упершыню па адаптаванай аутарам метадыкі вызначаны ўзровень нагрузкі адходаў на навакольнае асяроддзе раёнаў Мінскай вобласці. Распрацавана мадэль мінімізацыі рызык для навакольнага асяроддзя пры размяшчэнні адходаў на палігонах. Прапанаваны варыянты раянавання Мінскай вобласці для мэтай пахавання, захоўвання і выкарыстання адходаў. Прапанаваны і абгрунтаваны кірункі ўдасканалення маніторынгу грунтавых вод.

**Рэкамендацыі по выкарыстанню:** тэарэтычныя палажэнні і практычныя вынікі працы выкарыстоўваюцца ў вытворчай дзейнасці УП «ЖИЛТЕПЛОСЕРВИС» КГ г. Мар'іна Горка Пухавіцкага раёна з мэтай павышэння геаэкалагічнай бяспекі палігона ЦКА, могуць быць выкарыстаны ў навучальным працэсе пры падрыхтоўцы студэнтаў па спецыяльнасці "Ахова навакольнага асяроддзя і рацыянальнае выкарыстанне прыродных рэсурсаў».

**Вобласць ужывання:** ахова навакольнага асяроддзя, маніторынг грунтавых вод.



**SUMMARY**

Chernova Iryna Vladimirovna

**GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE SYSTEM  
«POLYGON OF SOLID MUNICIPAL WASTE  
– AREA OF INFLUENCE»  
(ON THE EXAMPLE OF MINSK REGIONS)**

**Keywords:** geoecological sustainability, landscape, ground, solid municipal waste, ground waters, soils, index of pollution, environmental risk, quality of the environment, monitoring.

**The work purpose:** assessment of the geoecological state of the environment of the Minsk region in the zones of influence of the grounds and the development of a conceptual model of environmentally friendly management of waste objects.

**Methods of research:** synthesis, analysis, statistic, comparative, cartographical, synthesis of information.

**The received results and their novelty:** methods of mapping of a geoecological situation in areas of placement of the grounds and method of sustainability of landscapes and the systems of "the ground-the adjoined territory" were developed. A range of application thematic maps was created geoecological situation in areas of placement of grounds is created. It is shown that extent of pollution of ground waters in areas of localization of grounds depends, first of all, on geoecological sustainability of "the ground-the adjacent territory" system. For the first time, the level of influence of the polygons on the environment was calculated in administrative districts of the Minsk region. The concept of providing safe for the person and the environment of neutralization of waste, saving of natural resources and increase in geoecological safety of places of waste disposal is the basis for model. Zoning options of the Minsk region are proposed for the disposal, storage and use of waste. The directions of improvement of monitoring of ground waters.

**Is recommended** Theoretical provisions and practical results of the work are used in the production activities of the UE "ZHILTEPLOSERVICE" farm of the town of Maryina Gorka in the Pukhovichi district for the purpose of improving the geoecological safety of the MSW landfill, can be used in the educational process in preparing students for the specialty "Environmental Protection and Rational Use of Natural Resources".

**Scope:** environmental protection, monitoring of ground waters.

