

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

УДК 631.416.9 (476)

**ТОЛКАЧ**

**ГАЛИНА ВЛАДИМИРОВНА**

**ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ БРЕСТСКОГО РАЙ-  
ОНА РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ СОБСТВЕННОСТИ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук  
по специальности 03.02.08 – экология

Горки, 2018

Работа выполнена в учреждении образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

**Научный  
руководитель:**

**Позняк Сергей Степанович,**  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
заместитель директора по научной работе  
УО «Международный государственный экологический институт имени А.Д.Сахарова» Белорусского государственного университета

**Официальные  
оппоненты:**

**Мыслыва Тамара Николаевна,**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,  
профессор кафедры кадастра и земельного права  
УО «Белорусская государственная орденов  
Октябрьской Революции и Трудового Красного  
Знамени сельскохозяйственная академия»

**Подоляк Александр Григорьевич,**  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,  
директор КУП «Гомельская областная проектно-  
изыскательская станция химизации»

**Оппонирующая  
организация:**

**ГНУ «Полесский аграрно-экологический  
институт» НАН Беларуси**

Защита диссертации состоится 09 июля 2018 года в 11:00 часов на заседании Совета по защите диссертаций Д 05.30.01 при УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия» по адресу: 213407, г. Горки, ул. Мичурина, 5; e-mail: duktova@tut.by, тел./факс: (2233) 59485.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

Автореферат разослан 08 июня 2018 года.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций  
кандидат с.-х. наук, доцент

Н.А. Дуктова

## ВВЕДЕНИЕ

В условиях возрастающего антропогенного воздействия увеличиваются объемы поступления тяжелых металлов (ТМ) в окружающую среду (Niagu, 1989; Давыдова, 2002; Какарека, 2012 и др.). По разным данным (Израэль, 1984; Тиво, 1996; Макаров, 2002), с растительной пищей в организм человека поступает от 40 до 80 % ТМ, и только 20-40 % – с воздухом и водой. Поэтому от уровня накопления загрязнителей в почве и растениях, используемых в пищу, в значительной степени зависит здоровье населения (Реймерс, 1994; Мудрый, 1997; Добровольский, 2003). Благодаря высокой поглощающей способности, почва выступает в роли сорбента токсикантов, являясь биогеохимическим барьером для миграции загрязняющих веществ (Ершов, 1989; Позняк С.С., 2010). Накопление поллютантов и продуктов их трансформации ведет к изменению свойств почвы (Мажайский, 2001; Персикова, 2013), часто сопровождается токсическими эффектами по отношению к другим компонентам экосистемы – биоте, поверхностным и подземным водам, атмосфере (Васнева, 2010; Мотузова, 2009; Мыслыва, 2015). Большинство исследований отечественных и зарубежных авторов посвящено изучению вопросов оценки влияния поллютантов на различные компоненты экосистем, в то же время недостаточно изученными являются особенности загрязнения и перераспределения ТМ в почвах с различной степенью антропогенной нагрузки.

Проблема накопления ТМ в почвах является актуальной не только для Республики Беларусь в целом, но и для Брестского района в частности. В современных эколого-экономических условиях возникла необходимость оценки количественного и качественного состава и содержания ТМ в почвах основных сельхозпроизводителей на территории Брестского района, характеризующегося высокой концентрацией поголовья скота (более 60 голов на 100 га сельхозугодий) и птицы, что является важным экологическим аспектом, представляющим потенциальную опасность в плане загрязнения почвы, воды и растительной продукции нитратами и тяжелыми металлами. Особенно актуальной эта проблема является для почв частного сектора хозяйствования, поскольку в настоящее время в структуре землепользователей Брестского района, составляющей около 25 тыс. человек, преобладают владельцы приусадебных участков и дачники, которые в большинстве своем при выращивании продукции не придерживаются научно обоснованных приемов возделывания сельскохозяйственных культур, в частности рекомендаций по применению органических и минеральных удобрений. Остается не развитой система государственного контроля качества продукции и экологического состояния земель личных подсобных хозяйств и садовых товариществ, выращиваемая продукция в большинстве случаев используется для собственного потребления или реализуется, минуя государственные рынки и заготовительные организации.

Актуальность, практическая значимость и недостаточная изученность вышеуказанных проблем для территории Брестской области определили тему, основную цель и задачи диссертационной работы.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Диссертационные исследования выполнялись на кафедре экологического мониторинга и менеджмента УО «МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ» в 2012-2015 гг. в рамках следующих научных программ и исследовательских проектов: задания «Оценить степень загрязненности почвенного и растительного покрова, снега и поверхностных вод в ландшафтах с различной степенью антропогенного воздействия» ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал», раздел «Радиация, экология и техносфера» (№ ГР 20115199); задания «Изучить фитоценотическое разнообразие сегетальной растительности фитоценозов Беларуси и возможности использования растений-концентраторов в качестве индикаторов загрязненности тяжелыми металлами» ГПНИ «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал», раздел «Радиация, экология и техносфера» (№ ГР 20141252).

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования – оценить уровни содержания валовых форм тяжелых металлов и определить загрязненность ими почв сельскохозяйственных предприятий Брестского района различной формы собственности.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить содержание валовых форм ТМ в почвах естественных (природных) ландшафтов Брестского района в целях использования соответствующих данных в качестве фоновых значений.

2. Определить уровни содержания, пределы варьирования и особенности аккумуляции валовых форм ТМ в почвах на территориях крупных сельскохозяйственных предприятий, использующих рекомендуемые дозы органических и минеральных удобрений.

3. Оценить уровни содержания, пределы варьирования и особенности аккумуляции валовых форм ТМ в почвах фермерских хозяйств, применяющих минимальные дозы минеральных и органических удобрений.

4. Выявить уровни содержания, пределы варьирования и особенности аккумуляции валовых форм ТМ в почвах садовых товариществ.

5. Визуализировать данные о валовом содержании соединений химических элементов в почвах садовых товариществ и сельскохозяйственных предприятий Брестского района с использованием ГИС-технологий.

**Объекты исследования:** почвы природных ландшафтов (15 пробных площадок); почвы сельскохозяйственных предприятий различной формы собственности – крупные сельскохозяйственные предприятия (10), фермерские хозяйства (30), садовые товарищества (112 пробных площадок).

**Предмет исследования:** уровни содержания, пределы варьирования и особенности аккумуляции валовых форм соединений Co, Cr, Cu, Mn, Nb, Ni, Pb, Sn, Yb, Y, Zn и Zr в почвах.

**Научная новизна.** В результате проведения диссертационного исследования впервые в условиях Брестского района проведено комплексное изучение

уровней содержания и пределов варьирования валовых форм ТМ в почвах сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности; на основании комплексных мониторинговых наблюдений углублено представление относительно современных особенностей аккумуляции Co, Cr, Cu, Mn, Nb, Ni, Pb, Sn, Yb, Y, Zn и Zr в почвах аграрных экосистем под воздействием антропогенных факторов; разработано научное положение относительно возможности использования результатов определения содержания валовых форм ТМ в почвах природных ландшафтов в качестве фоновых значений для оценки степени загрязненности ими почв; создан электронный атлас содержания валовых форм химических элементов в почвах Брестского района с использованием ГИС-технологий.

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

1. Содержание валовых форм Co, Cr, Cu, Mn, Nb, Ni, Pb, Sn, Yb, Y, Zn, Zr в почвах природных ландшафтов Брестского района является эталоном для сравнения при оценке степени загрязненности тяжелыми металлами почв сельскохозяйственных угодий. Расчет суммарного показателя кратности превышения норматива ПДК/ОДК  $Z_c$  для почв природных экосистем подтверждает обоснованность их отнесения к незагрязненным, поэтому данные фоновые участки могут использоваться в качестве контроля.

2. В почвах крупных сельскохозяйственных предприятий района, использующих рекомендуемые дозы органических и минеральных удобрений, содержание ТМ не превышает установленных нормативов ПДК/ОДК. Однако в зонах размещения крупных животноводческих комплексов отмечается повышенное относительного регионального кларка содержание в почве валовых форм следующих ТМ: Co – в 1,7–2,8 раза; Mn – в 1,6–2,6; Cr – в 1,1–1,9; Pb – в 1,2–1,5 раза. Учитывая повышенные величины содержания в почвах Co, Mn, Cr и Pb, по сравнению со среднереспубликанскими региональными кларками, необходимо проведение мероприятий, направленных на предотвращение транслокации указанных ТМ в растения.

3. На территории фермерских хозяйств, применяющих минеральные и органические удобрения в дозах, значительно ниже рекомендуемых величин, среднее содержание валовых форм ТМ в дерново-подзолистой почве не превышает установленных значений ПДК (ОДК). Более высокие значения валового содержания исследованных химических элементов отмечались в почвах фермерских хозяйств, расположенных на дерново-подзолистых слабоподзоленных глинистых и суглинистых почвах.

4. В условиях бесконтрольного применения средств химизации в почвах садовых товариществ наблюдается превышение значений ПДК/ОДК тяжелых металлов Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn в 1,3-4 раза; величин региональных кларков Nb, Sn, Yb и Zr – более чем в 1,5 раза, что свидетельствует о необходимости систематического контроля за применением средств химизации и качеством выращиваемой продукции, а также проведения необходимых мероприятий по снижению миграционной активности ТМ.

**Личный вклад соискателя ученой степени.** Диссертационная работа является самостоятельным научным исследованием. Диссертант непосредственно провела анализ литературы, организацию и проведение исследований, статистическую обработку полученных данных, обобщение и анализ результатов, написание работы и выводов, оформление полученных сведений в виде публикаций, обоснование и внедрение результатов в производство. Вклад диссертанта в опубликованных в соавторстве статьях составляет 82 % и заключается в проведении исследований, систематизации и анализе данных. Автор выражает признательность научному руководителю, д.с.-х.н., профессору Позняку С.С. за помощь при выборе темы исследования, постановке целей и задач, планировании экспериментов, а также поддержку при проведении исследований и консультации при работе над диссертацией.

**Апробация результатов диссертации.** Материалы и основные результаты диссертации доложены и обсуждены на следующих международных научно-практических конференциях: «Актуальные экологические проблемы» (Минск, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017); «Молодежь в науке – 2013» (Минск, 2013); «Проблеми і перспективи розвитку сучасної аграрної науки» (Миколаїв, Украина, 2014); «Сахаровские чтения: экологические проблемы XXI века» (Минск, 2014, 2015, 2016, 2017); «Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця» (Брест, 2014); «Машеровские чтения» (Витебск, 2016); «Дорофеевские чтения» (Витебск, 2016), Международная научно-практическая конференция «Техногенные системы и экологический риск» (Обнинск, 2017).

**Опубликованность результатов диссертации.** По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, в т.ч. 5 статей, соответствующих по объему и структуре требованиям п.18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 13 статей в сборниках научных трудов и материалах конференций и 1 справочно-информационное пособие. Объем опубликованных материалов составляет 9,8 авторских листа.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, 7 глав, заключения, библиографического списка (247 источников, в том числе 51 на иностранном языке). Полный объем диссертации составляет 133 страницы, работа содержит 35 рисунков, иллюстраций, 25 таблиц и одно приложение.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Обзор литературы по теме исследования.** Проведен анализ экологической ситуации на территории Республики Беларусь, выполнена оценка трансграничного переноса загрязняющих веществ и роли ТМ в жизни растений, животных и человека. Проанализированы источники и вклад сельскохозяйственного производства в поступление и накопление ТМ в почвах Брестского района. Анализ литературных источников показал недостаточную изученность вопросов, связанных с загрязнением и перераспределением ТМ в почвах сельскохозяйственных производителей различной формы собственности, особенно в

зонах воздействия промышленных предприятий и в ареалах интенсивного животноводства. Отсутствие достоверных сведений об экологическом состоянии почв фермерских хозяйств и садовых товариществ послужило основанием для выбора общей концепции работы и определения направления исследований.

**Объекты и методы исследований.** Выбор химических элементов (Co, Cr, Cu, Mn, Nb, Ni, Pb, Sn, Yb, Y, Zn, Zr) для исследования был предопределен следующими обстоятельствами: во-первых, несмотря на довольно хорошую изученность Pb, Zn, Cu, в том числе в рамках крупномасштабного агрохимического обследования почв, данные элементы обладают наибольшей биогеохимической активностью и по многочисленным данным их содержание в почвах вокруг городов и в зонах воздействия промышленных и животноводческих предприятий локально превышает допустимые уровни загрязнения, что требует постоянного контроля за их поведением в окружающей среде. Во-вторых, в литературе практически отсутствуют сведения о содержании в почвах ультрамикроразнообразных элементов Nb, Y, Yb, являющихся умеренно-токсичными, но обладающими кумулятивными и канцерогенными свойствами. В-третьих, химические элементы Ni, Co, Mn, Zr, Sn, Cr в оптимальных концентрациях являются необходимыми участниками метаболических процессов, входят в состав ферментов, при повышенном содержании являются загрязнителями окружающей среды.

Сравнительной базой для оценки загрязненности почв ТМ служили гигиенические нормативы 2.1.7.12-1-2004 «Перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК) химических веществ в почве, перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь». Для решения поставленных задач использовались физико-химические методы анализа, IT – пакет программ статистики в EXCEL, визуализация содержания химических элементов с использованием программ SURFER 8, MapInfo.

На территории Брестского района было заложено 319 постоянных пробных площадок, из которых: 15 – на условно чистой территории, представленной естественными экосистемами, 20 – на территории крупных сельскохозяйственных предприятий, 60 – на территории фермерских хозяйств (ФХ), 224 – на территории садовых товариществ (СТ). На каждой площадке отбиралась одна объединенная проба почвы, которая формировалась путем смешивания равных частей не менее 10 точечных проб, отбор которых производился пробоотборником из 3 слоев: верхнего 0-20 см, среднего – 21-35 и нижнего – 36-50 см. Отобранные почвенные образцы высушивались до воздушно-сухого состояния, растирались в агатовой ступке и просеивались через сито 0,5 мм. Подготовку почвенных образцов к лабораторно-аналитическим исследованиям проводили по общепринятым методикам (Практикум по агрохимии, 1989; Алексеенко, 1990; ТКП 17. 03-02-2013 (02120). Подготовленные пробы исследовались в аккредитованной центральной лаборатории РУП «Белгеология» г. Минска полуколичественным эмиссионным спектральным анализом на спектрографе СТЭ-1.

Сельскохозяйственные производители Брестского района представлены организациями 3 форм собственности: государственная форма – крупные сельскохозяйственные производители (12), негосударственная коллективная форма – крестьянские (фермерские) хозяйства (52) и негосударственная индивидуальная форма – садовые товарищества и личные подсобные хозяйства (248). Из функционирующих на территории района 12-ти крупных сельскохозяйственных организаций образцы почв и растений отобраны в 10-ти, кроме ОАО «Тепличный комбинат «Берестье», который выращивает продукцию гидропонным способом, а также КСУП «Брестский пчелопитомник», специализирующийся на производстве продуктов пчеловодства. Из 52-х существующих фермерских (крестьянских) хозяйств обследованию подверглись 30 хозяйств, при этом пробы не отбирались на территориях хозяйств менее 5 га, а также специализирующихся на агротуризме, пчеловодстве, рыбоводстве и в хозяйствах, получающих продукцию гидропонным способом. Из 248 садовых товариществ и дачных кооперативов Брестского района образцы почв отобраны в 112, расположенных в непосредственной близости от крупных сельскохозяйственных предприятий, фермерских хозяйств, фоновых территорий. На основании полученных данных с помощью графической программы ArcView 3.2 построены карты по содержанию ТМ в почвах с разной степенью антропогенной нагрузки.

**Содержание химических элементов в почвах естественных природных ландшафтов Брестского района.** Установлено, что содержание Co, Mn, Nb, Ni, Pb, Sn, Ti, V, Yb, Y и Zr в почвах естественных природных территорий Брестского района находится в пределах среднереспубликанских региональных кларков и не превышает установленных значений ПДК, что позволяет отнести данные территории к фоновым (таблица 1).

Среднее количество Ni в почвах составляет 9,6 мг/кг и варьирует от 5 до 15 мг/кг на разных пробных площадках, что существенно ниже значений ОДК. Валовое содержание Pb в дерново-подзолистой почве естественных природных ландшафтов колеблется от 8 мг/кг на пробной площадке № 11 до 23 мг/кг на пробных площадках № 7 и № 8, что ниже значений ПДК. Концентрация Zr в почвах изменяется от 106 мг/кг на пробной площадке № 6 до 670 мг/кг на пробной площадке № 4, среднее содержание составляет 270 мг/кг, что выше кларкового значения. По накоплению Co также не отмечается превышений ОДК, причем его среднее содержание в почвах соответствует кларковому значению. Следует отметить, что на площадках (ПП 1, 2, 4, 5), расположенных на востоке – юго-востоке от города Бреста, наблюдается превышение кларка Co более чем в 1,5 раза. Содержание Nb в почвах естественных природных ландшафтов варьирует от 3 мг/кг на пробной площадке № 11 до 23 мг/кг на пробной площадке № 5, среднее содержание элемента составляет 9 мг/кг, что ниже кларкового значения. Количество Mn в почвах лесов изменяется от 200 мг/кг на ПП 9 до 1300 мг/кг на ПП 8, среднее содержание – 397 мг/кг, что в 1,6 раза выше кларкового значения. Значения Yb в почвах колеблются от 1 мг/кг на ПП 1, 11-15 до 9 мг/кг – на ПП 5, среднее содержание – 4 мг/кг, что выше кларкового

значения в 2 раза. По количеству Sn в почвах естественных природных ландшафтов значения варьируют от 1 мг/кг на ПП 4, 6, 11, 12, 13, 15 – до 3 мг/кг на ПП 2, 8, 9, причем среднее содержание элемента составляет 1,7 мг/кг.

Таблица 1 – Валовое содержание химических элементов в почвах естественных природных ландшафтов Брестского района, мг/кг

| № ПП | Пробные площадки: | Средние значения валовых содержаний тяжелых металлов (мг/кг) |    |    |     |    |     |     |    |    |     |     |     |
|------|-------------------|--|----|----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
|      |                   | Mn   | Ni | Co | Cr  | Pb | Zr  | Nb  | Cu | Zn | Yb  | Y   | Sn  |
| 1.   | Заказанка         | 230  | 8  | 13 | 63  | 15 | 130 | 6   | 6  | 30 | 1   | 10  | 2   |
| 2.   | Южное-1           | 560  | 15 | 11 | 50  | 13 | 360 | 7   | 8  | 30 | 4   | 13  | 3   |
| 3.   | Страдичи          | 300  | 7  | 1  | 37  | 13 | 267 | 4   | 6  | 30 | 2   | 10  | 2   |
| 4.   | Тельмы            | 270  | 5  | 10 | 17  | 13 | 670 | 9   | 12 | 30 | 8   | 45  | 1   |
| 5.   | Бернады           | 660  | 10 | 10 | 15  | 14 | 270 | 23  | 13 | 30 | 9   | 53  | 1,5 |
| 6.   | Непли             | 220  | 7  | 10 | 10  | 11 | 106 | 5   | 5  | 30 | 3   | 17  | 1   |
| 7.   | Б. Мотыкалы       | 300  | 15 | 5  | 100 | 23 | 300 | 10  | 57 | 50 | 7   | -   | 2   |
| 8.   | Дружба            | 1300   | 15 | 5  | 100 | 23 | 270 | 10  | 55 | 60 | 5   | -   | 3   |
| 9.   | Люга              | 200  | 8  | 1  | 23  | 20 | 300 | 9   | 20 | 30 | 6   | 33  | 3   |
| 10.  | Томашовка         | 430  | 15 | 2  | 18  | 17 | 150 | 6   | 23 | 30 | 5   | 30  | 1,5 |
| 11.  | оз. Медно         | 230  | 7  | 1  | 10  | 8  | 130 | 3   | 7  | 30 | 1   | 10  | 1   |
| 12.  | Леплевка          | 300  | 10 | 5  | 15  | 10 | 270 | 10  | 6  | 30 | 1   | 10  | 1   |
| 13.  | Дубица            | 230  | 10 | 5  | 15  | 13 | 300 | 10  | 12 | 30 | 1   | 10  | 1   |
| 14.  | Чижевичи          | 300  | 7  | 7  | 17  | 13 | 267 | 10  | 12 | 30 | 1   | 10  | 1,5 |
| 15.  | Остромечеве       | 430  | 5  | 5  | 18  | 15 | 267 | 10  | 15 | 30 | 1   | 10  | 1   |
|      | Min               | 200  | 5  | 1  | 10  | 8  | 106 | 3   | 5  | 30 | 1   | 10  | 1   |
|      | Max               | 1300   | 15 | 13 | 100 | 23 | 670 | 23  | 57 | 60 | 9   | 53  | 3   |
|      | $\bar{x}$         | 397  | 10 | 6  | 34  | 15 | 271 | 9   | 17 | 33 | 4   | 19  | 2   |
|      | $\sigma$          | 283  | 4  | 4  | 31  | 4  | 134 | 5   | 16 | 9  | 3   | 14  | 1   |
|      | m                 | 76   | 1  | 1  | 8   | 1  | 36  | 1   | 4  | 2  | 1   | 4   | 0,2 |
|      | t                 | 5  | 10 | 6  | 4   | 12 | 8   | 7   | 4  | 14 | 5   | 5   | 8   |
|      | Кларк*            | 247  | 20 | 6  | 36  | 12 | 200 | 12  | 13 | 35 | 2   | 23  | 1   |
|      | ПДК/ОДК**         | 1500   | 20 | 20 | 100 | 32 | н/у | н/у | 33 | 55 | н/у | н/у | 4,5 |

**Min** – минимальное значение, мг/кг, **Max** – максимальное значение, мг/кг,  $\bar{x}$  – среднее арифметическое значение, мг/кг,  $\sigma$  – стандартное отклонение, **m** – ошибка средней, **t** – коэффициент достоверности для среднего значения, \*региональные кларки приведены для дерново-подзолистых почв по Петуховой, Н.Н., Кузнецову, В.А., \*\*ПДК (ОДК) в соответствии с ГН 2.1.7.12-1-2004 для дерново-подзолистых почв, н/у - не установлено.

Валовое содержание изучаемых химических элементов в почвах окрестностей агрогородка Страдичи, деревень Непли, Леплевка, Дубица, Чижевичи, окрестностях озера Медно значительно ниже региональных фоновых значений. Содержание химических элементов в почвах на ПП №7 и ПП №8, находящихся вблизи деревень Дружба и Большие Мотыкалы, нельзя использовать в качестве фоновых, поскольку в почвах отмечалось превышение кларковых значений содержания Mn, Zr, Zn, Yb, Sn (ПП №7) и Mn, Yb, Sn (ПП №8); ОДК хрома и меди (ПП №7) и ОДК хрома, меди и цинка (ПП №8), что, по нашему мнению, яв-

ляется следствием расположения в непосредственной близости от площадок территории предприятий и заводов свободной экономической зоны «Брест».

**Содержание ТМ в почвах крупных сельскохозяйственных производителей.** В ходе проведенных исследований выявлено, что содержание валовых форм большинства ТМ в почвах крупных сельскохозяйственных предприятий района не превышает установленных нормативов, что в первую очередь связано, со строгим соблюдением технологических регламентов выращивания сельскохозяйственных культур (таблица 2). Вместе с тем, среднее содержание Со и Си в почвах некоторых крупных сельскохозяйственных производителей значительно выше среднереспубликанских региональных кларков. Так, количество Со в 22% проанализированных проб приближалось к допустимой концентрации (ГУСП «Племзавод Мухавец», СПК «Остромечево», ОАО «Комаровка»), ОАО «Птицефабрика Медновская», ОАО «СГЦ «Западный», ОАО «Агро-сад Рассвет», в 2 раза – ОАО «За мир» (рисунок 1).

Таблица 2 – Среднее значение валового содержания ТМ в дерново-подзолистых почвах крупных производителей Брестского района, мг/кг

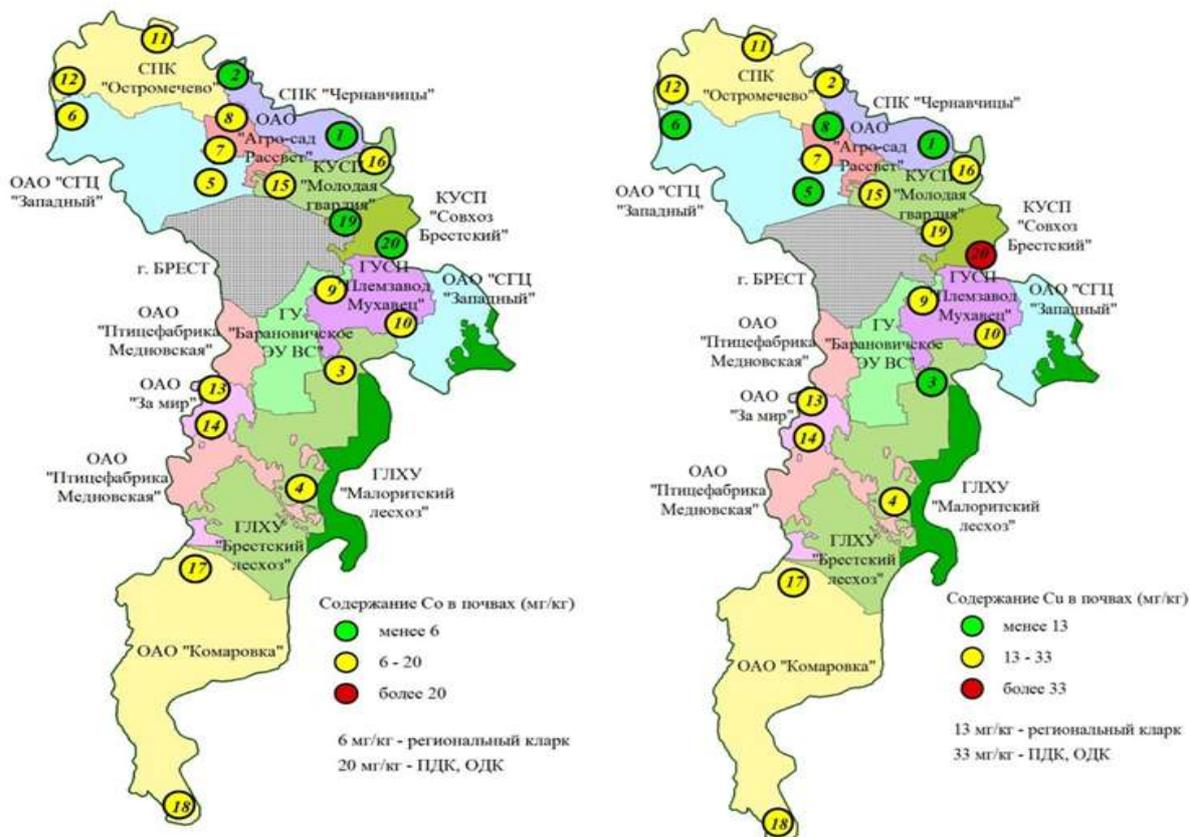
| № ПП   | Пробные площадки           | Ni | Со | Mn  | Cr | Pb | Cu | Zn | Sn | Zc  |
|--------|----------------------------|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|
|        | <i>Региональный Кларк*</i> | 20 | 6  | 247 | 36 | 12 | 13 | 35 | 1  |     |
| 1, 2.  | СПК «Чернавчицы»           | 15 | 10 | 383 | 40 | 11 | 16 | 30 | 1  | 2,2 |
| 3, 4.  | ОАО п/ф «Медновская»       | 13 | 10 | 650 | 26 | 9  | 15 | 25 | 1  | 2,4 |
| 5, 6.  | КСУП СГЦ «Западный»        | 18 | 10 | 417 | 50 | 14 | 12 | 30 | 1  | 3,1 |
| 7, 8   | ОАО Агросад «Рассвет»      | 18 | 10 | 433 | 50 | 15 | 14 | 34 | 1  | 3,2 |
| 9, 10  | ГУСП Племзавод «Мухавец»   | 16 | 14 | 583 | 50 | 18 | 18 | 30 | 1  | 4,8 |
| 11, 12 | СПК «Остромечево»          | 19 | 17 | 467 | 67 | 18 | 18 | 30 | 1  | 5,5 |
| 13, 14 | ОАО «За мир»               | 14 | 11 | 500 | 53 | 12 | 16 | 30 | 1  | 3,1 |
| 15, 16 | КУСП «Молодая гвардия»     | 15 | 15 | 467 | 70 | 15 | 19 | 30 | 1  | 4,8 |
| 17, 18 | ОАО «Комаровка»            | 16 | 13 | 400 | 42 | 12 | 16 | 30 | 1  | 4,1 |
| 19, 20 | КУСП Совхоз «Брестский»    | 12 | 4  | 200 | 18 | 8  | 35 | 40 | 2  | 2,1 |

Превышение фонового значения Mn более чем в 2 раза наблюдалось в 64% проб, в том числе в 4 раза в почвах ОАО «Птицефабрика Медновская», ГУСП «Племзавод Мухавец», ОАО «СГЦ «Западный», ОАО «Агро-сад Рассвет», СПК «Остромечево», ОАО «За мир».

Превышение фонового значения Cr в почвах почти в 2 раза отмечалось в 30% проб, в том числе в 1,5 раза на территории ОАО «Агро-сад Рассвет», ГУСП «Племзавод Мухавец», СПК «Остромечево», ОАО «За мир». Превышение фонового значения Pb в почвах более чем в 1,5 раза наблюдалось в 19% проб (ОАО «СГЦ «Западный», ОАО «Агро-сад Рассвет», ГУСП «Племзавод Мухавец», СПК «Остромечево»), а фонового значения Cu – в 39% проб (ОАО «Агро-сад Рассвет», ГУСП «Племзавод Мухавец», СПК «Остромечево», КУСП Совхоз «Брестский»).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что при соблюдении технологических регламентов применения средств химизации даже в условиях

интенсивного сельскохозяйственного производства содержание химических элементов в почвах крупных сельскохозяйственных предприятий района не превышает установленных нормативов ПДК/ОДК.



**Рисунок 1** Картограммы содержания ТМ в почвах сельскохозяйственных предприятий Брестского района (на карте обозначены точки отбора проб почвы)

В то же время, учитывая повышенные величины содержания элементов в почвах, по сравнению со среднереспубликанскими региональными кларками, необходимо проведение мероприятий по предотвращению транслокации указанных ТМ в растения (известкование, сбалансированное внесение органических и минеральных удобрений, подбор культур в севооборотах).

**Содержание ТМ в почвах фермерских хозяйств.** Содержание химических элементов в почвах фермерских хозяйств, расположенных преимущественно на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, характеризуется широким диапазоном концентраций (таблица 3). Превышение значений ПДК концентраций ТМ регистрировалось в почвах следующих фермерских хозяйств: Mn – «Кузьминой» (2800 мг/кг), «Юрловское» (2200), «Пархоменко» (2000) и «Бобко» (4500 мг/кг); Cr – «Бобко» (100 мг/кг); Zn– «Мицкевича» (80 мг/кг); Ni – «Бобко» (24 мг/кг) и «Цибиков» (32 мг/кг); Cu– «Цибиков» (62 мг/кг); Pb – «Бобко» (47 мг/кг), «Пархоменко» (40 мг/кг), «Кузьминой» (41 мг/кг), что, вероятно, связано с их расположением в северной части Брестского района на дерново-подзолистых слабоподзоленных почвах на супесях водно-ледниковых и моренных, подстилаемых моренными суглинками, кроме

того, близостью к крупным животноводческим комплексам (ОАО «СГЦ «Западный», ОАО «Агро-сад Рассвет», СПК «Остромечеве»), что дает возможность применять легкодоступные органические удобрения в больших количествах. Содержание химических элементов Co, Nb, Sn, Ti, V, Y, Yb и Zr в почвах находилось на уровне среднереспубликанских региональных кларков, максимальные концентрации, как правило, были выше кларков, но не достигали значений ПДК, ОДК.

Таблица 3 – Валовое содержание ТМ в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах фермерских хозяйств, мг/кг

| Элементы | Min | Max  | $\bar{x}$ | $\sigma$ | m     | t    | Кларк* | ПДК (ОДК)** |
|----------|-----|------|-----------|----------|-------|------|--------|-------------|
| Mn       | 200 | 4500 | 1293      | 1159,4   | 309,8 | 4,2  | 247    | 1500        |
| Zr       | 47  | 600  | 263       | 159,5    | 42,6  | 6,2  | 200    | н/у         |
| Cr       | 50  | 100  | 60        | 14,9     | 4,0   | 14,9 | 36     | 100         |
| Zn       | 30  | 80   | 44        | 18,1     | 4,8   | 9,1  | 35     | 55          |
| Y        | 10  | 53   | 22        | 13,3     | 3,5   | 6,1  | 23     | н/у         |
| Ni       | 10  | 32   | 16        | 6,9      | 1,8   | 8,4  | 20     | 20          |
| Cu       | 3   | 62   | 20        | 14,8     | 3,9   | 5,1  | 13     | 33          |
| Pb       | 9   | 47   | 23        | 12,5     | 3,3   | 6,8  | 12     | 32          |
| Nb       | 6   | 53   | 17        | 16,0     | 4,2   | 3,9  | 12     | н/у         |
| Yb       | 1   | 14   | 5         | 4,1      | 1,1   | 4,3  | 2      | н/у         |
| Sn       | 1   | 3    | 2         | 0,5      | 0,1   | 14,7 | 1      | 4,5         |
| Co       | 4   | 10   | 8         | 2,7      | 0,7   | 10,5 | 6      | 20          |

Почвы фермерских хозяйств центральной и южной частей района, расположенные преимущественно на дерново-подзолистых слабоподзоленных глинистых и суглинистых почвах на водно-ледниковых и моренных супесях, характеризовались более высоким накоплением химических элементов: содержание Mn, Zr, Cr, Zn, Ni, Cu, Pb, Nb, Sn, Co превышало значения региональных кларков, что вероятно связано с большей удерживающей способностью илистой фракции по отношению к тяжелым металлам (таблица 4).

Таблица 4 – Валовое содержание ТМ в дерново-подзолистых суглинистых и глинистых почвах фермерских хозяйств Брестского района, мг/кг

| Элементы | Min | Max  | $\bar{x}$ | $\sigma$ | m     | t    | Кларк* | ПДК (ОДК)** |
|----------|-----|------|-----------|----------|-------|------|--------|-------------|
| Mn       | 230 | 5000 | 1474      | 1421,2   | 379,8 | 3,9  | 247    | 1500        |
| Zr       | 67  | 420  | 213       | 82,6     | 22,1  | 9,6  | 200    | н/у         |
| Cr       | 20  | 142  | 69        | 33,2     | 8,8   | 7,7  | 36     | 100         |
| Zn       | 30  | 87   | 54        | 24,0     | 6,4   | 8,4  | 35     | 110         |
| Ni       | 5   | 45   | 22        | 10,9     | 2,9   | 7,5  | 20     | 40          |
| Cu       | 6   | 50   | 24        | 14,6     | 3,9   | 6,2  | 13     | 66          |
| Pb       | 7   | 67   | 32        | 20,6     | 5,5   | 5,8  | 12     | 65          |
| Nb       | 3   | 57   | 21        | 18,5     | 4,9   | 4,1  | 12     | н/у         |
| Sn       | 1   | 3    | 2         | 0,7      | 0,1   | 12,2 | 1      | 4,5         |
| Co       | 2   | 15   | 10        | 4,5      | 1,2   | 8,3  | 6      | 20          |

### Содержание ТМ в почвах садовых товариществ Брестского района.

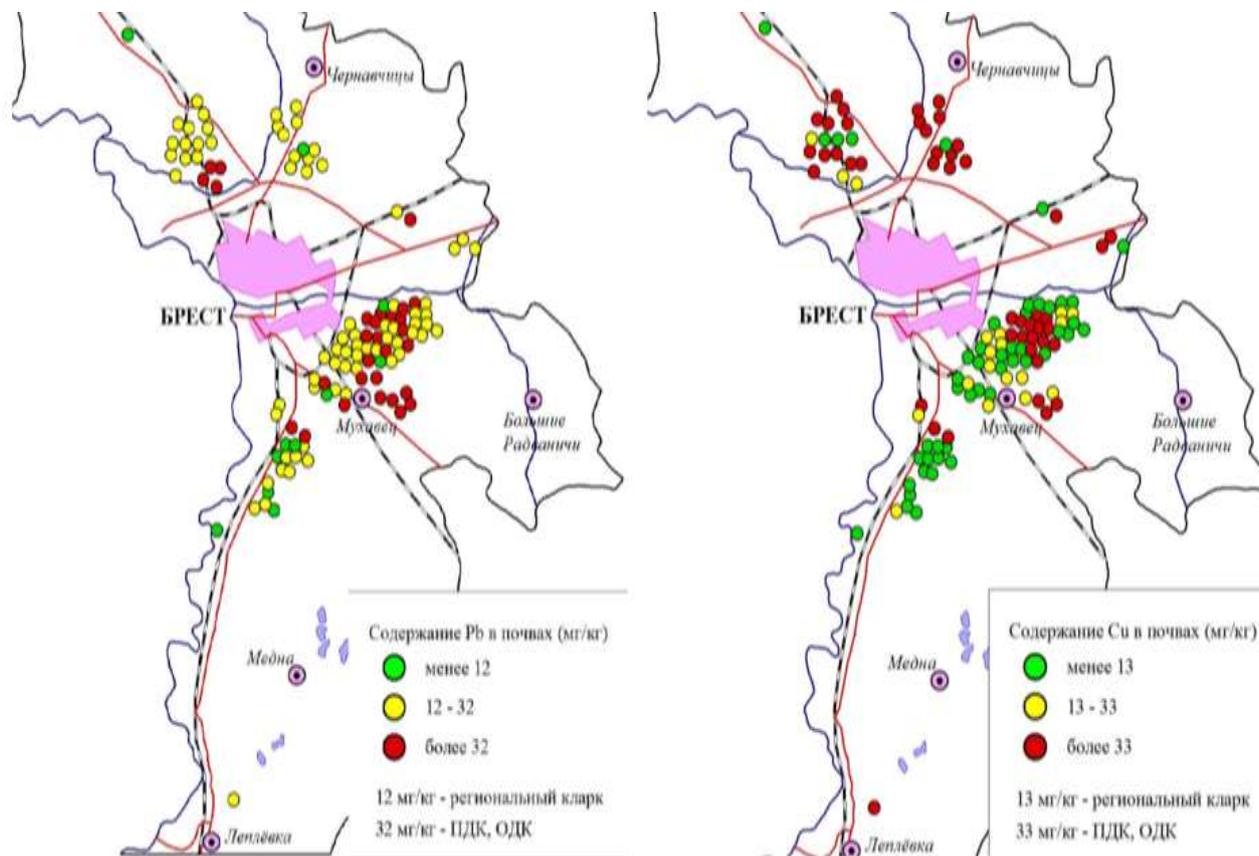
На территории района размещение основных СТ локализовано в центральной его части, преимущественно в направлении на север – северо-запад от Бреста на аллювиальных дерново-глееватых и глеевых почвах на речном аллювии (суглинистом, супесчаном и песчаном) и восток – юго-восток от Бреста на дерново-подзолистых временно избыточно увлажняемых почвах, в сочетании с глубоко и контактно оподзоленными на супесях (моренных и водноледниковых), подстилаемых моренными суглинками, иногда песками. Почвы СТ имеют низкий уровень плодородия: содержание гумуса от 1,5 до 2,5%, величина рН от 5,1 до 5,8. Установлено, что в дерново-подзолистых временно избыточно увлажняемых почвах целого ряда СТ наблюдается превышение показателей региональных кларков ТМ более чем в 1,5 раза (таблица 5): по Со – СТ «Зрок -2009»; Cr – СТ «Южное-1», «Южное-2», «Зрок-2009», «Буревестник-86»; Sn – СТ «Буревестник-86», «Южное-1», «Южное-2», «Кветка-92», «Восток-2009», «Радуга», «Красная гвоздика»; V – СТ «Южное-2»; Mn – «Южное-1», «Южное-2», «Зрок-2009», «Буревестник-86»; Ti – СТ «Строитель-27», «Электрон-82», «Факел газоаппарата», «Кветка-92», «Тонус», «Витамин ЦУ-Ма», «Лесная поляна», «Лесная поляна-2010», «Восход», «Старица пограничная»; Zr – СТ «Полиграфист-82», «Золотой корень», «Надзея-3», «Строитель-27», «Электрон-82», «Мичуринец-5», «Лянок», «Аист» «Свет-бэлз», «Старица пограничная», «Радуга-2008», «Сосновая-2», «Росинка-15». Превышений значений ПДК/ОДК по перечисленным элементам не зафиксировано.

Таблица 5 – Валовое содержание химических элементов на территории садовых товариществ, расположенных на аллювиальных дерново-глееватых и глеевых почвах, мг/кг

| Элементы | Min | Max  | $\bar{x}$ | $\sigma$ | m    | t    | Кларк* | ПДК (ОДК)** |
|----------|-----|------|-----------|----------|------|------|--------|-------------|
| Mn       | 200 | 2783 | 774,4     | 593,6    | 59,7 | 13,0 | 247    | 1500        |
| Zr       | 50  | 3000 | 256,4     | 343,0    | 34,5 | 7,4  | 200    | н/у         |
| Cr       | 7   | 131  | 62,7      | 28,4     | 2,9  | 22,0 | 36     | 100         |
| Zn       | 30  | 233  | 66,9      | 40,9     | 4,1  | 16,3 | 35     | 55          |
| Y        | 10  | 350  | 34,8      | 47,2     | 4,7  | 7,3  | 23     | н/у         |
| Ni       | 3   | 34   | 15,9      | 5,4      | 0,5  | 29,2 | 20     | 20          |
| Cu       | 3   | 100  | 32,1      | 27,1     | 2,7  | 11,8 | 13     | 33          |
| Pb       | 10  | 60   | 26,9      | 12,4     | 1,3  | 21,6 | 12     | 32          |
| Nb       | 3   | 36   | 9,5       | 5,5      | 0,6  | 17,3 | 12     | н/у         |
| Yb       | 1   | 21   | 5,6       | 3,3      | 0,3  | 16,7 | 2      | н/у         |
| Sn       | 1   | 5    | 2,3       | 1,1      | 0,1  | 20,8 | 1      | 4,5         |
| Co       | 1   | 45   | 9,2       | 6,3      | 0,6  | 14,4 | 6      | 20          |

В то же время отмечается превышение показателей ПДК/ОДК в почвах садовых товариществ востока – юго-востока от Бреста: по Ni – СТ «Южное-1», «Зрок-2009», «Буревестник-86»; Co – «Балагое», «Восток-2009», «Красная гвоз-

дика», «Радуга». Среднее содержание Рb в почвах составляет 26,9 мг/кг, что выше регионального кларка; превышение ПДК Рb отмечалось в почвах СТ «Кветка-92», «Восток-2009», «Электрон-82», «Радуга», «Красная гвоздика», «Гудок-80», «Строитель-27», «Дорожник СКТМ», «Мичуринец-5», «Факел газоаппарата», «Нива-89», «Автомобилист-80», «Светлячок ГМУ», «Витамин ЦУМа», «Лесная поляна-2010», «Вымпел УВД», «Восход», «Турист» (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Картосхемы содержания ТМ в почвах садовых товариществ Брестского района**

Содержание валовых форм Y и Ni в почвах СТ Брестского района близко к значениям региональных кларков. Количество Nb превышало фоновые значения более чем в два раза в почвах СТ «Строитель-27», «Факел газоаппарата», «Старица пограничная», «Сосновое-2». Среднее содержание Yb в почвах существенно выше среднереспубликанских значений (в 2,8 раза), а в почвах СТ «Строитель-27» – в 10,5 раз превышает региональный кларк.

Количество Cu в почвах СТ варьирует в широких пределах: от 3 мг/кг в СТ «Энергетик» до 100 мг/кг в СТ «Вымпел УВД» (среднее содержание – 32 мг/кг), что выше значения регионального кларка. Превышение ОДК Cu в 2 раза и более отмечалось в почвах СТ «Бульково», «Лесное-2», «Ляснянка», «Машиностроитель», «Березка Чернавчицкая», «Верасок-08», «Меркурий-10», «Турист-88», «Аграрник», «Лесок-1», «Полянка-1», «Дубрава-6», «Мара», «Вымпел УВД» (рисунок 3). Среднее содержание Cr в песчаных и супесчаных почвах составляет 63 мг/кг. Превышение ОДК Cr в 1,3 раза регистрируется в

СТ «Кветка-92». Количество Zn варьирует от 30 мг/кг (20% проб) до 233 мг/кг («Светлячок ГМУ») – превышение ПДК в 4 раза.

Превышение значений ПДК/ОДК тяжелых металлов Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn в 1,3-4 раза; величин региональных кларков Nb, Sn, Yb и Zr – более чем в 1,5 раза, что свидетельствует о необходимости систематического контроля за применением средств химизации и качеством выращиваемой продукции, а также проведения необходимых мероприятий по снижению миграционной активности ТМ.

Основной причиной повышенного содержания некоторых ТМ в почвах СТ является необоснованное применение средств химизации и использование компостов, приготовленных из отходов жизнедеятельности, опада древесных растений и произрастающих на участке сорных растений, а также золы. Кроме того, большинство дачных участков соседствуют с крупными источниками потенциального загрязнения, находятся в зонах воздействия промышленных предприятий, крупных авто- и железнодорожных магистралей.

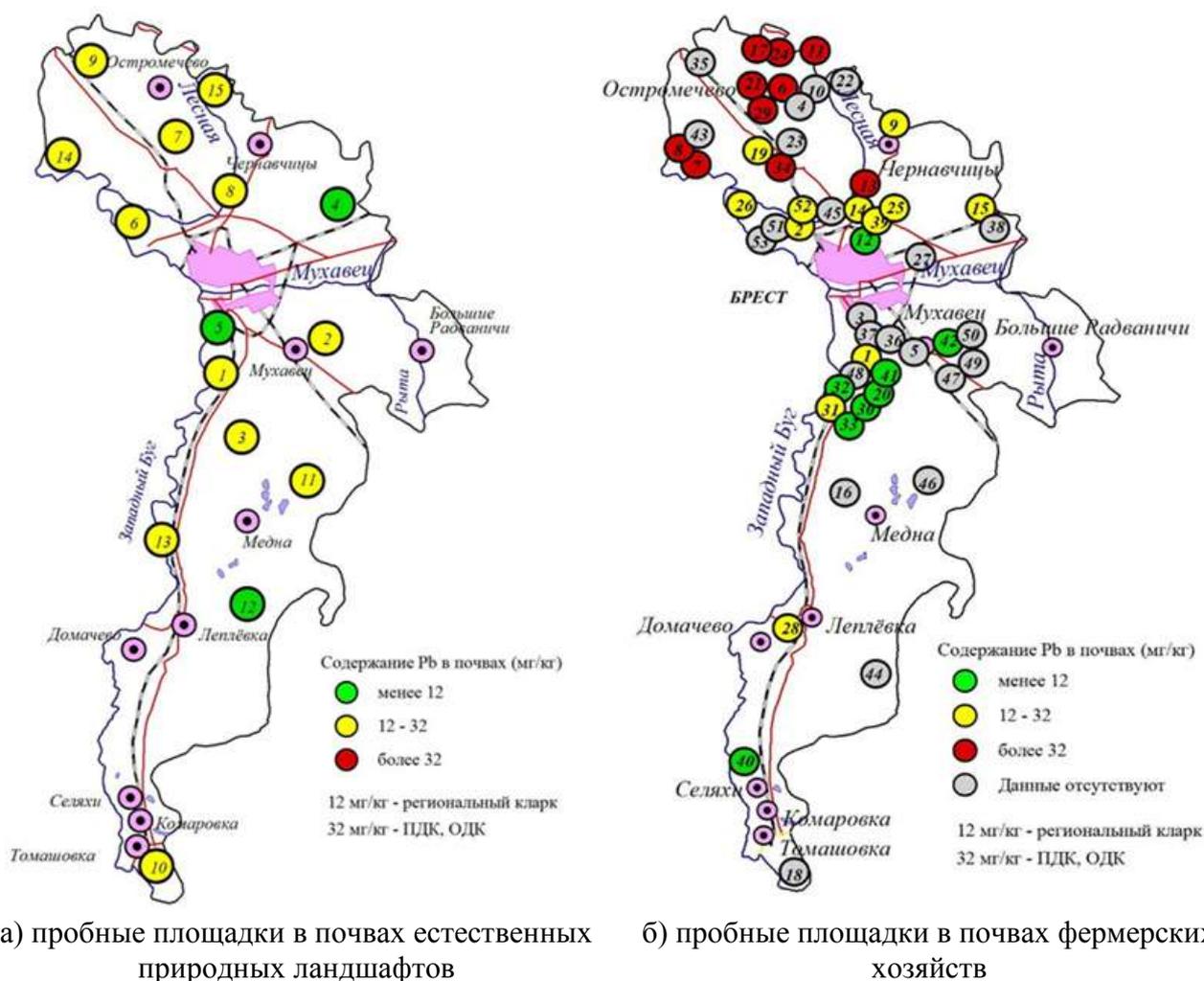
**Визуализация содержания ТМ в почвах с использованием ГИС-технологий.** Для визуализации полученных результатов был разработан ГИС-проект, позволяющий собирать пространственные данные, создавать базы данных, хранить, обрабатывать, преобразовывать и выдавать по запросу пользователя чаще всего в картографической форме, с помощью которого построены карты и картосхемы, наглядно иллюстрирующие содержание валовых форм ТМ в почвах. Применение современных геоинформационных технологий для создания почвенных карт и картосхем (в том числе отображающих содержание ТМ в почвах), обеспечит не только автоматизацию сбора и обработки информации, но и качественно новый вариант ее представления.

Основными задачами создания ГИС-проекта являлись: 1) сбор и обработка растрового картографического материала; 2) перевод в цифровую форму необходимых картографических изображений; 3) организация технологии сбора исходной базовой информации о геохимическом состоянии почвы Брестского района; 4) формирование статистических баз данных, характеризующих состояние почвенного покрова административного района; 5) создание на основе оцифрованных изображений новых карт (оценочных и синтетических).

Основой для создания ГИС явились картографические материалы (топографические карты района, карты сельскохозяйственных предприятий района); интернет-ресурсы; информация, полученная в районном исполнительном комитете и других организациях, результаты собственных полевых исследований. Созданная ГИС Брестского района содержит три структурных части: (1) топографическая основа, (2) физико-географическая основа, (3) экологическая основа. Топографическая основа состоит из стандартных слов (населенные пункты, реки, озера, дороги и др.), к каждому из которых привязана база данных атрибутивной информации (название, тип объекта и др.). Физико-географическая основа ГИС включает четвертичные отложения, почвообразующие породы, рельеф, почвы, растительность, ландшафты.

Карты экологической основы создавались на нескольких территориальных уровнях: условно-чистые естественные природные ландшафты, крупные землепользователи (сельскохозяйственные организации), фермерские хозяйства и садовые товарищества. Наибольшее значение при реализации данных проектов имела разработка и создание экологической основы ГИС-проекта, которая использовалась для создания оценочных и синтетических карт, отображающих особенности содержания ТМ в почвах района.

В частности, для каждого из территориальных уровней были построены ГИС-карты, на которых зеленым цветом обозначены содержания ТМ до фонового значения, желтым – от фонового значения до ПДК/ОДК, а красным – выше ПДК/ОДК. В дальнейшем, на основании данных карт составлялись картосхемы локализации загрязнения почв Брестского района ТМ (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Картосхемы содержания свинца в почвах лесных ландшафтов (а) и фермерских хозяйств (б) Брестского района**

Созданные ГИС-карты дают возможность визуализировать содержание ТМ в почвах сельскохозяйственных производителей Брестского района различной формы собственности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### Основные научные результаты диссертации:

1. Содержание валовых форм Co, Ni, Mn, Pb, Zr, Yb, Y, Sn и Nb в почвах естественных природных ландшафтов территории Брестского района, расположенных в окрестностях агрогородка Страдичи, деревень Непли, Леплевка, Дубица, Чижевичи, окрестностях озера Медно, находится ниже, или превышает среднереспубликанские региональные кларки, но не достигает установленных значений ПДК/ОДК, что позволяет отнести данные территории к фоновым (условно чистым). Проведенный расчет показателя суммарного полиэлементного загрязнения почв естественных природных ландшафтов подтвердил обоснованность отнесения данных территорий к незагрязненным [3, 4, 19]. Пробные площадки 7, 8 в окрестностях д. Дружба и д. Б. Мотыкалы не рекомендуется использовать в качестве фоновых.

2. При проведении контроля возделывания и контроля применения органических и минеральных удобрений, содержание валовых форм соединений химических элементов в почвах крупных сельскохозяйственных предприятий района не превышает установленных нормативов ПДК/ОДК. В зонах размещения крупных животноводческих комплексов (племзавод «Мухавец», ОАО «Комаровка», КУСП «Молодая гвардия», СПК «Остромечево» регистрируется повышенное содержание химических элементов: количество Co в 22% проб достигало значений ОДК, превышение фонового содержания в 2 раза наблюдалось для Mn (64% проб) и Cr (30% проб); превышение фона в 1,5 раза – для Pb (19% проб) и Cu (39% проб), что свидетельствует о необходимости проведения периодического контроля технологий возделывания сельскохозяйственных культур [1, 9, 10, 12, 14, 15, 16, 19].

3. Среднее содержание валовых форм соединений химических элементов в почве фермерских хозяйств, расположенных в центральной и южной части района, не превышает установленных значений ПДК (ОДК). На севере Брестского района в зонах размещения крупных животноводческих комплексов (ОАО «СГЦ «Западный», ОАО «Агро-сад Рассвет», СПК «Остромечево») в почвах фермерских хозяйств отмечается превышение нормативных значений содержания валовых соединений Cr, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn [2, 12, 13, 14, 19].

4. Места размещения садовых товариществ Брестского района локализованы в основном на аллювиальных дерново-глеевых и глеевых почвах на речном аллювии и дерново-подзолистых временно избыточно увлажненных почвах на супесях, подстилаемых моренными суглинками, иногда песками, которые характеризуются низким уровнем почвенного плодородия. Это обстоятельство является основной причиной бесконтрольного применения органических и минеральных удобрений, приводящей к нарастающему загрязнению почвенного покрова. Наблюдается превышение значений ПДК/ОДК тяжелых металлов Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb и Zn в 1,3-4 раза; величин региональных кларков Nb, Sn, Yb и Zr – более чем в 1,5 раза, что свидетельствует о необходимости систематического контроля за применением средств химизации и качеством выращиваемой продукции [4, 5, 6, 7, 8, 11, 17, 18, 19].

5. Использование информационных систем и технологий на основе ГИС яв-

ляется важным инструментом для информатизации технологий и ведения локального экологического мониторинга сельскохозяйственных земель. Данные о содержании валовых соединений микроэлементов и тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных производителей Брестского района визуализированы с использованием графической программы ArcView и обобщены в информационно-справочном издании «Атлас содержания тяжелых металлов в почвах Брестского района», которое позволяет оценить обеспеченность почв валовыми соединениями химических элементов для применения в практическом земледелии с целью получения нормативно-чистой продукции растениеводства [4, 19].

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

Разработаны и внедрены в деятельность Унитарного предприятия «Проектный институт Брестгипрозем»: ГИС-карты по содержанию ТМ в почвах на территориях крестьянских (фермерских) хозяйств и садовых товариществ Брестского района, используемые для денежной оценки стоимости сельскохозяйственных земель в зависимости от степени их загрязненности (акт внедрения от 31.08.2015). Данные по содержанию валовых форм ТМ в почвах на территориях фермерских (крестьянских) хозяйств и садовых товариществ Брестского района, позволяющие учитывать уровень обеспеченности почв химическими элементами при кадастровой оценке земель (акт внедрения от 02.03.2017). Ожидаемый экономический эффект от использования результатов составляет 75,4 тыс. рублей.

База данных по обеспеченности химическими элементами почв крестьянских (фермерских) хозяйств и садовых товариществ Брестского района принята Брестским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды в качестве сравнительного критерия при оценке уровня антропогенного воздействия на почвы и эффективности природопользования землепользователями (акт внедрения от 28.08.2015).

В Государственный регистр информационных ресурсов включены авторские разработки: База данных содержания валовых форм ТМ в почвах крестьянских (фермерских) хозяйств и садовых товариществ Брестского района (свидетельство от 24.09.2015 №1871505463); Картосхемы обеспеченности почв Брестского района валовыми соединениями химических элементов (свидетельство от 28.10.2015 №1871505640).

Брестской областной ассоциацией фермеров внедрены результаты исследований «Данные по содержанию валовых форм тяжелых металлов на территориях крестьянских (фермерских) хозяйств» для оптимизации доз внесения минеральных удобрений. Общий экономический эффект от материалов исследования составляет 25,2 тыс. рублей (акт внедрения от 30.05.2017).

С использованием ГИС-технологий разработано справочно-информационное пособие «Атлас содержания тяжелых металлов в почвах Брестского района»; пособие внедренно в учебно-методический процесс на кафедре ботаники и экологии учреждения образования «Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина» (акт внедрения от 08.06.2017).

## СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

### *Статьи в научных изданиях, включенных в перечень ВАК*

1. **Толкач, Г.В.** Особенности накопления кобальта, марганца, хрома, свинца и меди в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах крупных сельскохозяйственных организаций Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Молодежь в науке – 2013: прил. к журн. «Весці НАН Беларусі»: в 5 ч. Ч.3. Серия аграрных наук / НАН Беларуси. Совет молодых ученых НАН Беларуси. – Минск: Беларуская навука, 2014. – С. 72–77.
2. **Толкач, Г.В.** Содержание химических элементов в почвах на территории фермерских (крестьянских) хозяйств Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Экологический вестник. – 2015. – №3(33). – С. 79–88.
3. **Толкач, Г.В.** К вопросу применимости показателей содержания тяжелых металлов в почвах лесных экосистем Брестского района для оценки степени загрязненности / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Экологический вестник. – 2016. – №4(38). – С. 26–32.
4. **Толкач, Г.В.** Визуализация данных о содержании тяжелых металлов в почвах Брестского района с использованием ГИС-технологий / Г.В. Толкач, С.С. Позняк, С.М. Токарчук // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2017. – №4. – С. 118–123.

### *Статьи в сборниках научных трудов и материалах конференций*

5. **Taukach, G.W.** Monitoring problem of heavy metals content in soils of Brest region with different degree of anthropogenic load / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Актуальные экологические проблемы: материалы III Междунар. науч. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов, студентов (на англ. языке), Минск, 21–22 ноября 2013 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; под общ. ред. С.С. Позняка. – Минск: Право и экономика, 2013. – С. 109-110.
6. **Толкач, Г.В.** Содержание тяжелых металлов в почвах садовых товариществ «Здоровье-2008», «Надзея-3», «Полиграфист», «Экспресс-5», «Рябиனுшка» Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: зб. навук. прац / Палескі аграрна-экалагічны інстытут НАН Беларусі ; рэдкал. М.В. Міхальчук (гал. рэд) [і інш.]. – Брэст: Альтернатыва, 2014. – Вып. 7. – С. 275-276.
7. **Толкач, Г.В.** Тяжелые металлы в почвах на территории садовых товариществ Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Проблеми і перспектывы развіцця сучаснай аграрнай науки: матер. Міжнарод. наук.-практ. інтэрнет-конфер. – Миколаїв: Миколаївська ДСДС ІЗЗ, 2014. – С. 105.
8. **Толкач, Г.В.** Содержание тяжелых металлов в почвах на территории садовых товариществ Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Сахаровские чтения 2014 года: экологические проблемы XXI века: матер. XIV Междунар. науч. конф., Минск, 29-30 мая 2014 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; под. ред. В.И. Дуная, С.С. Позняка. – Мн.: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2014. – С. 260.
9. **Taukach, G.W.** Heavy metals normalization in agricultural soils of the European Union, Russia and Belarus in comparison / Г.В. Толкач, С.С. Позняк //

Актуальные экологические проблемы: матер. IV Междунр. науч. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов, студентов (на англ. языке), Минск, 20 ноября 2014 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова; под общ. ред. С.С. Позняка. – Минск : Право и экономика, 2014.– С. 30–31.

10. **Taukach, G.W.** Chemodynamics of heavy metals inside profile of sod-podzolik soil on Brest region territory / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Актуальные экологические проблемы: материалы V междунар. науч. конф. молодых ученых, аспирантов, магистрантов, студентов (на англ. языке), Минск, 26-27 ноября 2015 г./ МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ; под общ. ред. С.С. Позняка. – Минск : Институт радиологии, 2015. – С. 91–92.

11. **Толкач, Г.В.** Оценка содержания тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах на территориях садовых товариществ центральной части Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Сахаровские чтения 2016 года: экологические проблемы XXI века: матер. XVI Междунр. науч. конф., Минск, 29-30 мая 2016 г./ МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ; под ред. С.С.Позняка. – Минск : МГЭИ им. А.Д. Сахарова, 2016. – С. 260–262.

12. **Толкач, Г.В.** Особенности накопления свинца в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах на территории Брестского района / Г.В. Толкач // Машеровские чтения 2016 года: матер. X Междунр. науч.-практ. конф., Витебск, 14 октября 2016 г. / ВГУ им. П.М. Машерова ; под. ред. И.М. Прищепы. – Витебск: ВГУ им. П.М. Машерова, 2016. – С. 90–92.

13. **Толкач, Г.В.** Influence of mineral fertilizers on heavy metals accumulation in soils / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Актуальные экологические проблемы: матер. VI Междунр. науч. конф., Минск 24–25 ноября 2016 г. / МГЭУ им. А.Д. Сахарова ; под ред. С.С. Позняка, Н.А. Лысухо. – Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2015. – С. 87.

14. **Толкач, Г.В.** Особенности накопления цинка в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах на территории Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Дорофеевские чтения 2016 года: матер. II Междунр. науч.-практ. конф., Витебск, 29-30 ноября 2016 г. / ВГУ им. П.М. Машерова. – Витебск, 2016. – С. 95.

15. **Толкач, Г.В.** Обеспеченность почв Брестского района соединениями химических элементов / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Техногенные системы и экологический риск: тезисы докладов I Междунр. науч. конф. ; под. общ. ред. А.А. Удаловой. – Обнинск: ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2017.– С. 167–168.

16. **Толкач, Г.В.** Содержание химических элементов в почвах крупных сельскохозяйственных предприятий / Г.В.Толкач, С.С.Позняк // Сахаровские чтения 2017 года: экологические проблемы XXI века: матер. 17-ой Междунр. науч. конф., Минск, 18-19 мая 2017 г.: в 2 ч. / МГЭИ им. А.Д.Сахарова БГУ ; редкол.: С.Е. Головатый [и др.]; под. ред. С.А. Маскевича, С.С. Позняка. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – Ч. 2.– С. 181–182.

17. **Толкач, Г.В.** Practical recommendation for summer residents on the reduction on heavy metals in crop production, grown in suburban areas in the Brest re-

gion / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Актуальные экологические проблемы: матер. VII Междунар. науч. конф., Минск, 24–25 ноября 2017 г. / МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ ; под ред. С.С. Позняка, Н.А. Лысухо. – Минск : МГЭИ им. А.Д. Сахарова, 2017. – С.194.

### *Другие издания*

18. **Толкач, Г.В.** Особенности накопления тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах на территории садовых товариществ Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Веснік Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2016. – № 2. – С. 52–61.

19. Позняк, С.С. Атлас содержания тяжелых металлов в почвах Брестского района / С.С. Позняк, Г.В. Толкач, С.М. Токарчук; под общ. ред. С.С. Позняка. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 72 с.

## **РЭЗЮМЭ**

**Таўкач Галіна Уладзіміраўна**

### **Ацэнка утрымання цяжкіх металаў у глебах сельскагаспадарчых прадпрыемстваў Брэсцкага раёна розных форм ўласнасці**

**Ключавыя словы:** рэгіянальны кларк, найбольш дапушчальная канцэнтрацыя / арыенціровачна дапушчальная канцэнтрацыя, валавыя злучэнні, цяжкія металы, мікраэлементы, сельскагаспадарчыя вытворцы.

**Аб’ект даследавання:** глебы фонавай тэрыторыі – лясныя ландшафты, грунты сельскагаспадарчых вытворцаў – буйныя сельскагаспадарчыя прадпрыемствы, сялянскія (фермерскія) гаспадаркі, садовыя таварыствы.

**Мэта працы:** ацаніць забеспячэнне глебаў сельскагаспадарчых вытворцаў Брэсцкага раёна валавымі злучэннямі хімічных элементаў для ўжывання ў практычным земляробстве.

**Метады даследавання:** палявы (выбар аб’ектаў і іх апісанне), лабараторны (хімічныя аналізы), статыстычная апрацоўка вынікаў.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** упершыню ва ўмовах Брэсцкага рэгіёна праведзена комплекснае вывучэнне наяўнасці валавых злучэнняў хімічных элементаў у глебах фітацэнозаў у розных умовах інтэнсіфікацыі тэхналогій апрацоўкі сельскагаспадарчых культур. Паказана магчымасць выкарыстання глебаў лясных ландшафтаў у якасці фонавых для ацэнкі ступені забруджанасці цяжкімі металамі. Распрацаваны электронны атлас наяўнасці хімічных элементаў у глебах Брэсцкага раёна з выкарыстаннем ГІС-тэхналогій.

**Рэкамендацыі па выкарыстанні:** выкарыстоўваюцца – УП «Праектны інстытут Брэстгіпразем» у працэсе разліку і ацэнкі кадастравай вартасці зямель; Брэсцкім абласным камітэтам прыродных рэсурсаў і аховы навакольнага асяроддзя пры ажыццяўленні дзяржаўнага кантролю за выкарыстаннем і аховай зямель; уключаны ў Дзяржаўны рэгістр інфармацыйных рэсурсаў.

**Галіна выкарыстання:** аграэкалогія, земляробства, раслінаводства, сельскагаспадарчае планаванне.

## РЕЗЮМЕ

**Толкач Галина Владимировна**

### **Оценка содержания тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных предприятий брестского района различных форм собственности**

**Ключевые слова:** региональный кларк, ПДК/ОДК, валовые соединения, тяжелые металлы, микроэлементы, сельскохозяйственные производители.

**Объекты исследования:** почвы фоновой территории – лесные ландшафты; почвы сельскохозяйственных производителей – крупные сельскохозяйственные предприятия, крестьянские (фермерские) хозяйства, садовые товарищества.

**Цель работы:** оценить экологическое состояние и обеспеченность почв сельскохозяйственных производителей Брестского района различной формы собственности валовыми соединениями химических элементов для применения в практической земледелии и возможности использования почв лесных ландшафтов в качестве фоновых для оценки степени загрязненности тяжелыми металлами.

**Методы исследования:** полевые (выбор объектов и их описание), лабораторные (химические анализы), статистическая обработка результатов.

**Полученные результаты и их новизна:** впервые в условиях Брестского региона проведено комплексное изучение содержания валовых соединений химических элементов в почвах сельскохозяйственных производителей различной формы собственности. Показана возможность использования почв лесных ландшафтов в качестве фоновых для оценки степени загрязненности тяжелыми металлами. Визуализированы данные о валовом содержании химических элементов и разработан электронный атлас содержания тяжелых металлов в почвах Брестского района с использованием ГИС-технологий.

**Рекомендации по использованию:** используются – УП «Проектный институт Брестгипрозем» в процессе расчета и оценки кадастровой стоимости земель; Брестским областным комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды при осуществлении государственного контроля за использованием и охраной земель; включены в Государственный регистр информационных ресурсов.

**Область применения:** агроэкология, земледелие, растениеводство, сельскохозяйственное планирование.

## SUMMARY

**Taukach Galina Wladzimirovna**

### **Evaluation of heavy metals content in soils of agricultural enterprises of Brest region of different forms of ownership**

**Keywords:** regional crust, TLV/TAC, gross compounds, heavy metals, micro-elements, agricultural producers.

**The object of the research:** soils of the reference site – forest landscapes; soils of agricultural producers – large-scale agricultural enterprises, peasant farms, allotment associations.

**The purpose of the research:** to assess the ecological state and supply of soils of agricultural producers in the Brest region with the gross compounds of chemical elements for the practical use in agriculture and for the possible use of the forest landscapes as a reference site for the evaluation of the pollution rate with heavy metals.

**Research methods:** field (selection of objects and their description), laboratory (chemical diagnosis), statistical processing of results.

**The obtained results and their novelty:** For the first time in the conditions of the Brest region, a comprehensive study of the content of gross compounds of chemical elements in the soils of agricultural producers of various forms of ownership was carried out. The possible use of the forest landscapes as a reference site for the evaluation of the pollution rate with heavy metals is shown. Data of the gross compounds of chemical elements were visualized. An electronic atlas of the heavy metals content in the soils of the Brest region was developed using GIS technologies.

**The recommendations for use of the results:** used by the Unitary Enterprise «Project Institute Brestgiprozem» in the process of calculating and estimating the cadastral value of lands; by the Brest Regional Committee of Natural Resources and Environmental Protection in the exercise of state supervision over the use and protection of lands; it is included in the State Register of Information Resources.

**Fields of application:** agroecology, agriculture, crop production, agricultural planning.

Подписано в печать 08.06.2018 г.  
Формат 60x84/16. Бумага для множительных аппаратов.  
Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».  
Усл. печ. л. 1,0. Тираж 60 экз. Заказ № .

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.