

# Рекультивация и использование земель

УДК 634.737+539.1.04+631.153

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ $^{137}\text{Cs}$ РАЙОНОВ ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ ПО СТЕПЕНИ ПРИГОДНОСТИ ЗЕМЕЛЬ К ВОЗДЕЛЫВАНИЮ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ

**А. В. Ермоленко<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Н. Н. Цыбулько<sup>2</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук

**И. И. Жукова<sup>3</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук

**Н. Б. Тупицына<sup>1</sup>**, старший преподаватель

<sup>1</sup> МГУ имени А.А. Кулешова, г. Могилев, Беларусь,

<sup>2</sup> РУП «Институт почвоведения и агрохимии», г. Минск, Беларусь,

БГПУ имени М. Танка, г. Минск, Беларусь

### Аннотация

На основе анализа радиологического и почвенного факторов произведена оценка радиоэкологической пригодности сельскохозяйственных земель районов юго-восточной части Беларуси, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$ , к возделыванию голубики высокорослой. Выделено четыре группы районов: с высокой, средней, низкой и очень низкой пригодностью земель. Результаты работы могут быть использованы при планировании размещения плантаций голубики высокорослой в регионах, пострадавших от аварии на ЧАЭС.

**Ключевые слова:** высокорослая,  $^{137}\text{Cs}$ , пригодность земель, группировка районов.

### Abstract

**A. V. Yarmolenka, N. N. Tsybulka, I. I. Zhukova,  
N. B. Tupitsyna**

### RADIOECOLOGICAL ASSESSMENT OF $^{137}\text{Cs}$ -CONTAMINATED AREAS IN THE SOUTH- EAST OF BELARUS ACCORDING TO THE DEGREE OF LAND SUITABILITY FOR CULTIVA- TION OF TALL BLUEBERRIES

Based on the analysis of radiological and soil factors, an assessment was made of the radioecological suitability of agricultural lands in the southeastern part of Belarus contaminated with  $^{137}\text{Cs}$  for cultivation of tall blueberries. Four groups of regions were identified: with high, medium, low and very low suitability of lands. The results of the work can be used in planning the placement of tall blueberry plantations in the regions affected by the Chernobyl accident.

**Keywords:** tall blueberry,  $^{137}\text{Cs}$ , land suitability, grouping of districts.

### Введение

Природные почвенно-экологические условия являются одним из основных факторов, влияющих на характер развития растениеводства в регионе. В ряде случаев при возделывании растений необходимо учитывать и

дополнительные факторы, одним из которых является загрязнение почв, произошедшее в ходе хозяйственной деятельности человека или в результате техногенных катастроф. На особенности распределения культур по тер-

ритории Беларуси, помимо природных условий, влияет загрязнение почв радионуклидами чернобыльского происхождения, прежде всего  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Наиболее масштабно сельскохозяйственные угодья загрязнены  $^{137}\text{Cs}$ . Основные площади загрязнения радионуклидом сосредоточены на юго-востоке страны. На начало 2020 г. в наиболее пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС Могилевской и Гомельской обл. насчитывалось свыше 88 % (756,4 тыс. га) загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственных земель [1].

Основным препятствием к возделыванию сельскохозяйственных культур на загрязненной территории является риск сверхнормативного накопления радионуклидов в растениях. К настоящему времени радиоэкологические особенности основных сельскохозяйственных культур изучены. В неполной мере исследованной осталась радиоэкология растений, малораспространенных в республике, и растений, появившихся на полях нашей страны относительно недавно.

К условно новому для Беларуси растению можно отнести голубику высокорослую (*Vaccinium × covellianum* But. et Pl.), входящую в ботаническое семейство *Ericaceae* Juss. (вересковые) [2]. Ягоды этой культуры являются ценным диетическим продуктом, а их производство отличается высокой рентабельностью. По этой причине в мире наблюдается значительный рост производства и потребления плодов голубики [3], в том числе и в нашей стране. Установлено, что в Беларуси культура может давать более 10 т ягод с гектара [4, 5]. За последние годы появились и первые плантации голубики высокорослой в районах, имеющих радиационно загрязненные земли. С учетом высокой рентабельности производства и перспективность ягод голубики высокорослой как экспортного продукта развитие голубиководства в районах республики, пострадавших от аварии на ЧАЭС, может способствовать устойчивому развитию региона. Вместе с тем отсутствие анализа радиоэкологической пригодности земель к возделыванию культуры не позволяет оценить возможность и масштабность организации производства плодов голубики в указанных районах.

Под голубику высокорослую пригодны участки с разными типами почв, общим требо-

ванием к которым является их хорошая аэрируемость [6], поэтому при закладке плантаций культуры следует особое внимание уделять почвенным разновидностям, способным обеспечить благоприятный воздушный режим. Известно, что в загрязненной радионуклидами части страны преобладают дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава, которые в своем большинстве по физическим свойствам пригодны для голубики. В этом случае детерминировать возможность получения нормативно чистых по содержанию радионуклидов плодов культуры будет, прежде всего, степень радиационного загрязнения почв, определенное влияние окажут их агрохимические свойства и водный режим. В силу своих биологических особенностей голубика высокорослая весьма чувствительна как к недостатку, так и избытку влаги в почве. В условиях радиационного загрязнения особенно важно поддержание оптимального уровня увлажнения корнеобитаемого слоя, так как это способствует минимизации накопления радионуклидов растениями [7]. Поэтому в плане обеспечения необходимой влагообеспеченности культуры перспективно ее размещение на мелиорированных землях, где имеется возможность регулирования уровня грунтовых вод, а в случае необходимости и организация орошения. Высокая степень пригодности мелиорированных участков болот верхового и переходного типов для выращивания голубики высокорослой показана в некоторых исследованиях [8]. В целом удельный вес мелиорированных земель в составе всех сельскохозяйственных земель Могилевской обл. составляет более 25 %, Гомельской – более 40 % [1].

Данная научно-исследовательская работа направлена на анализ радиоэкологической пригодности сельскохозяйственных угодий районов Беларуси, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$ , к возделыванию голубики высокорослой. Подобные исследования с данной культурой на территории страны до настоящего времени не проводились.

Цель исследования – провести оценку почвенно-радиоэкологических условий и группировку загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  районов Могилевской и Гомельской обл. по степени радиоэкологической пригодности земель к возделыванию голубики высокорослой.

### Основная часть

Исследования проводили в 2019-2020 гг. в рамках выполнения подпрограммы ГПНИ РБ по теме «Выполнить радиоэкологическую оценку голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) при возделывании на загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  почвах». Экспериментальная работа основывалась на данных о параметрах поступления  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в плоды голубики высокорослой, методологических подходах к оценке загрязненных радионуклидами земель, а также на материалах, изложенных в ранее опубликованных работах авторов [9–13]. Объектом исследования являлись радиоэкологические особенности голубики высокорослой, количественные и качественные характеристики сельскохозяйственных земель и составляющих их почв, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  районов Могилевской и Гомельской обл. В работе оценивали радиоэкологическую пригодность земель к возделыванию голубики высокорослой. Под радиоэкологической пригодностью земель понимали потенциальную способность территории (с учетом плотности и площадей загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ , почвенных разновидностей) обеспечить биологические потребности голубики высокорослой в росте и содержание  $^{137}\text{Cs}$  в плодах ниже РДУ-99 (для садовых ягод 70 Бк/кг). Единицей оценки служила совокупность сельскохозяйственных земель каждого административного района, входящего в зону загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ . Загрязнение почв  $^{90}\text{Sr}$  в работе не учитывали по причинам отсутствия нормирования содержания радионуклида в плодах ягодных культур на территории страны, нахождения загрязненных земель в пределах зон, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$ , и значительно меньших масштабов загрязнения по сравнению с последним. В исследовании использовали картографический, абстрактно-логический методы и метод экспертной оценки. Картографическая интерпретация результатов производилась с использованием программного обеспечения *ArcGIS 10.8*, *ArcGIS Pro 2.5 Esri Inc.* (лицензия ESU 650136265, *Conservation Grant Sold-To/End-user customer*, N 493588).

Оценка земель и группировка районов основана на анализе территориальных сочетаний радиоэкологического и почвенного факторов, характере и интенсивности их проявления, обуславливающих потенциальные риски

(вероятности) производства плодовой продукции голубики высокорослой с содержанием  $^{137}\text{Cs}$ , превышающим допустимый норматив. Радиоэкологический фактор был определен как ведущий, так как именно наличие в почве биологически доступного  $^{137}\text{Cs}$  в совокупности с радиоэкологическими особенностями голубики высокорослой определяют уровень накопления радионуклида в ягодной продукции. Почвенный фактор представлен в связке с радиоэкологическим; они оба оказывают влияние на величину накопления радионуклида в растениях и обеспечивают требования растений к росту и развитию.

Среди дерново-подзолистых почв, преобладающих в зоне радиационного загрязнения республики, наиболее радиоэкологически пригодными для возделывания голубики можно считать супесчаные, так как они, обладая достаточной для культуры аэрируемостью, характеризуются меньшим переходом радионуклида в растения по сравнению с песчаными и особенно торфяными почвами [13]. Глинистые и суглинистые почвы непригодны для голубики по физическим свойствам. Величины предельно допустимой плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ , обеспечивающие получение ягод с содержанием радионуклида в пределах РДУ-99 для дерново-подзолистых супесчаных почв, находятся на уровне 10,6–12,2 Ки/км<sup>2</sup> [9]. Эти данные указывают на то, что в зоне загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  от 1 до 5 Ки/км<sup>2</sup> на супесчаных почвах при соблюдении технологии выращивания накопление в ягодах радионуклида сверх допустимых норм маловероятно. Загрязненные земли с такими почвами радиоэкологически наиболее пригодны для культуры. В зоне загрязнения 5–15 Ки/км<sup>2</sup> на супесчаных почвах может происходить сверхнормативное накопление  $^{137}\text{Cs}$  в плодах. Предельная плотность загрязнения почвы, обеспечивающая допустимое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в ягодах, будет варьироваться в зависимости от сорта культуры, вносимых удобрений и агрохимических особенностей почвы, урожайности культуры или метеорологических условий вегетационного периода. В этих условиях под насаждения голубики требуется тщательный подбор участков с проведением измерений уровня загрязнения почв, соблюдение специальных

рекомендаций по агротехнике возделывания. Поэтому земли в зоне загрязнения 5–15 Ки/км<sup>2</sup> для голубики можно считать ограниченно пригодными. При загрязнении почв сверх 15 Ки/км<sup>2</sup> возделывание голубики высокорослой нецелесообразно из-за высокого накопления <sup>137</sup>Cs в плодовой продукции.

Районы, входящие в зону загрязнения <sup>137</sup>Cs, различаются площадью сельскохозяйственных угодий, степенью загрязнения земель радионуклидом, компонентным составом почв разного генезиса, их радиоэкологическими свойствами и, соответственно, возможностью развития на их землях голубиководства. При сравнении земель исследуемых районов наличие минеральных почв легкого гранулометрического состава рассматривается в нашем исследовании как положительный, с точки зрения биологии культуры, фактор, а больший удельный вес в их составе песчаных почв – как фактор, повышающий риск сверхнормативного накопления радионуклида в ягодах голубики. Отрицательным фактором для возделывания культуры считали торфяные почвы (из-за высокой биологической доступности в них радионуклида), а глинистые и суглинистые – из-за непригодности их физических свойств. Такие почвенные характеристики, как степень увлажнения и агрохимические свойства, при оценке земель нами не учитывались, так как они, в отличие от степени загрязнения радионуклидами и гранулометрического состава, в значительной степени поддаются корректировке.

Для оценки степени радиоэкологической пригодности земель к возделыванию голубики высокорослой нами определены критерии, выраженные в виде показателей, базирующихся на данных существующей статистической, мониторинговой и кадастровой информации по каждому району. К показателям, определяющим пригодность сельскохозяйственных земель, относятся следующие.

Радиологический фактор:

- удельный вес в составе землепользования района земель с плотностью загрязнения <sup>137</sup>Cs 1–40 Ки/км<sup>2</sup>, %;
- удельный вес земель с плотностью загрязнения <sup>137</sup>Cs 5–15 Ки/км<sup>2</sup> в составе всех загрязненных земель, %;

- удельный вес земель с плотностью загрязнения <sup>137</sup>Cs 15–40 Ки/км<sup>2</sup> в составе всех загрязненных земель, %;

почвенный фактор (при загрязнении менее 5 % от площади всех сельскохозяйственных земель не учитывался):

- удельный вес в составе сельскохозяйственных земель земель с непригодными по гранулометрическому составу и торфяными почвами, %;
- удельный вес земель с песчаными почвами в составе сельскохозяйственных земель с легкими по гранулометрическому составу почвами, %.

Для ранжирования и группировки районов на основе критериев радиологического и почвенного факторов применена балльная шкала, которая изменялась от 0 до 4. Балл «0» присваивался при отсутствии или минимальном наличии земель в соответствии с принятыми критериями, балл «4» – при максимальном диапазоне значений показателя. Итоговая сумма баллов по району характеризует пригодность почвенно-радиоэкологических условий сельскохозяйственных земель, включающую потенциальный риск получения продукции голубики высокорослой с превышением содержания <sup>137</sup>Cs норм РДУ-99.

В исследовании интегральный балл (сумма баллов показателей радиологического и почвенного факторов) по районам колеблется от 0 до 17. Районы с наименьшей суммой баллов характеризовались максимальной радиоэкологической пригодностью земель к возделыванию голубики высокорослой, с наибольшей – минимальной. На основе полученных результатов выделено 4 группы районов. Первую группу представляют районы с суммарным баллом от 0 до 4, вторую – от 5 до 9 баллов, третью – от 10 до 14 баллов, четвертую – районы с баллом 15 и выше.

Первая группа (далее – I) характеризуется высокой радиоэкологической пригодностью земель к возделыванию голубики высокорослой. Сюда вошли районы с наиболее благоприятными радиоэкологическими условиями для культуры. Это Бобруйский, Кировский, Мстиславский, Кличевский р-ны Могилевской обл., Петриковский и Житковичский – Гомельской. Удельный вес всех загрязненных <sup>137</sup>Cs земель в структуре совокупности сельскохозяй-

зайствованных в зависимости от района колеблется от 0,3 до 4,7 % (в среднем по группе составляет 1,6 %). Плотность загрязнения не превышает 5 Ки/км<sup>2</sup>, за исключением Житковичского р-на, где имеется загрязнение 5–15 Ки/км<sup>2</sup> (2,4 % от всех загрязненных земель), однако физически их площадь локализована, составляет 61 га и при необходимости может быть исключена для размещения культуры. Невысокие площадь и плотность загрязнения земель районов группы минимизируют риски сверхнормативного содержания <sup>137</sup>Cs в ягодах голубики. Здесь связка почвенного и радиологического факторов теряет свою актуальность. Всю территорию районов можно считать пригодной для возделывания голубики высокорослой, а при выборе участка под культуру необходимо сосредоточить внимание на свойствах почв, обеспечивающих достаточную для голубики аэрацию. Тем не менее выбор необходимо сопровождать

физическими измерениями загрязнения почв <sup>137</sup>Cs, планируемых под культуру площадей.

Во вторую группу (далее – II), характеризующуюся средней радиэкологической пригодностью, вошло 13 районов с разномасштабным загрязнением <sup>137</sup>Cs, которое в среднем составляет 27,1 % от всей совокупности сельскохозяйственных земель. Большинство районов имеют площади с загрязнением, превышающим 5 Ки/км<sup>2</sup> (5–15 Ки/км<sup>2</sup> в зависимости от района 0,3–17,0 % от всех загрязненных земель). Также присутствуют земли и с загрязнением более 15 Ки/км<sup>2</sup> (Климовичский р-н, 14,1 % от всех загрязненных земель). Вместе с тем сочетание площадей, плотности загрязнения с преобладанием в большинстве районов легких (супесчаных) по гранулометрическому составу почв позволяет подбирать земельные участки под насаждения голубики высокорослой как по радиологическому, так и по почвенным критериям (рисунок).

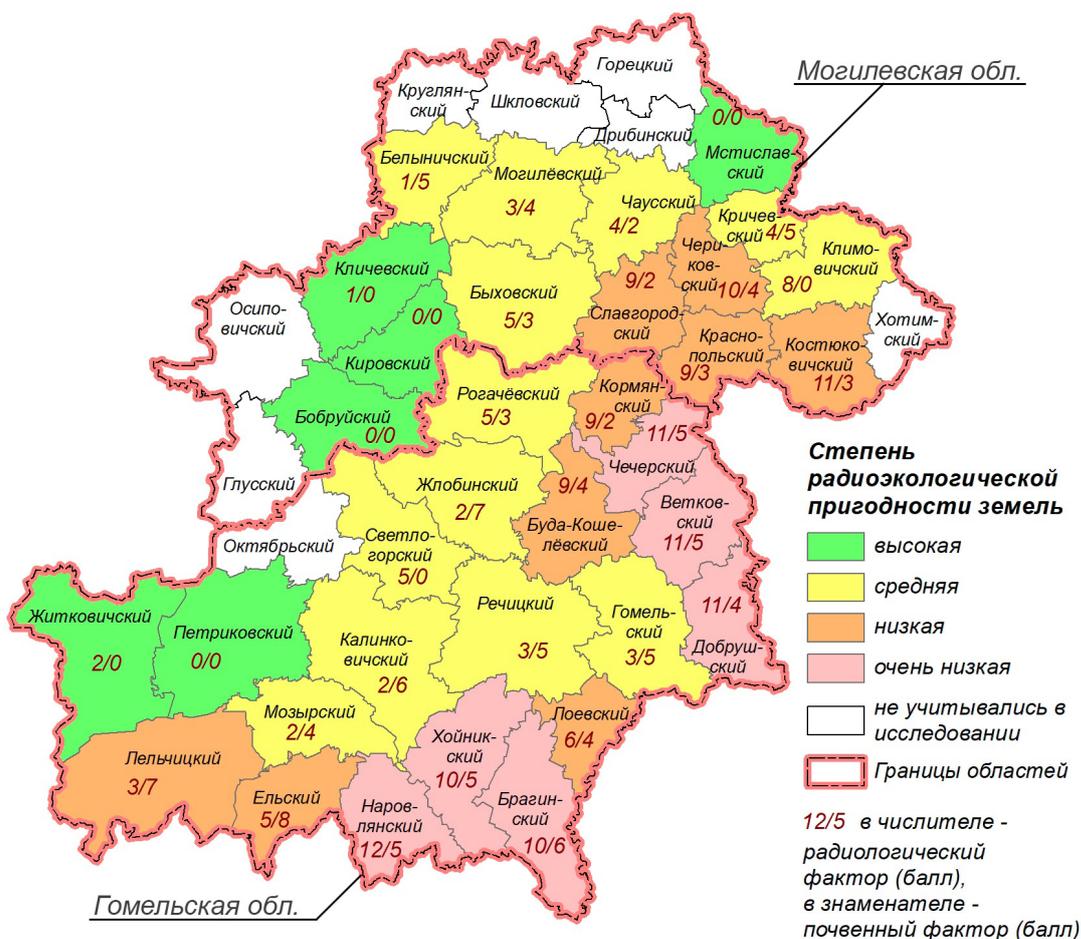


Рис. Карта-схема группировки районов Могилевской и Гомельской обл., загрязненных <sup>137</sup>Cs по степени пригодности земель к выращиванию голубики высокорослой

Третья группа (III) – низкая радиоэкологическая пригодность земель – объединяет 9 районов, удельный вес загрязненных земель в которых в среднем составляет 63,4 %. Все районы в структуре загрязненных земель имеют площади с загрязнением 5–15 Ки/км<sup>2</sup> (от 0,5 до 44,2 %). Большинство районов также имеют участки с загрязнением более 15 Ки/км<sup>2</sup> (в зависимости от района от 0,5 до 10,1 %). Во всех районах преобладают легкие почвы (63,6–92,7 %), однако в таких районах, как Лельчицкий, Лоевский и Ельский, в составе легких почв большинство представляют песчаные почвы, что повышает риск сверхнормативного накопления <sup>137</sup>Cs в ягодах. Характер загрязнения и почвенного покрова земель этих районов затрудняет выбор площадок под голубику по сравнению с районами второй группы. Вместе с тем наличие 36,6 % незагрязненных земель и загрязненных с плотностью до 5 Ки/км<sup>2</sup> при тщательном подборе участков с измерением

### Заключение

Почвенно-радиоэкологический анализ пригодности сельскохозяйственных земель к возделыванию голубики высокорослой в разрезе загрязненных <sup>137</sup>Cs районов юго-востока Беларуси показал, что в данном регионе культура имеет значительный потенциал к промышленному возделыванию. Ограничения к выращиванию определяются характером загрязнения земель, особенностями почвенного покрова и, соответственно, потенциальным риском превышения содержания <sup>137</sup>Cs в ягодах культуры сверх допустимых норм. Различия по площади и плотности загрязнения сельскохозяйственных земель районов в сочетании с комбинациями почвенных характеристик позволяют ранжировать районы по потенциальной радиологической пригодности земель к возделыванию культуры. На основе радиологического и почвенного факторов районы разделены на четыре группы. В I группе объ-

радиоактивности почв позволяет найти площади для производства плодовой продукции голубики.

В четвертую группу (IV) – очень низкая радиоэкологическая пригодность – входят 6 районов Гомельской обл. Для группы характерно масштабное загрязнение <sup>137</sup>Cs, удельный вес которых в составе сельскохозяйственных земель районов составляет в среднем 76,4 %. Так же присутствуют от 17,0 до 73,1 % земель с загрязнением 5–15 Ки/км<sup>2</sup> и от 1,5 до 14,8 % с загрязнением 15–40 Ки/км<sup>2</sup>. Как и в большинстве районов, из I–III групп здесь преобладают земли легкого гранулометрического состава (от 74,8 до 88,9 %), но среди них высок процент песчаных почв (37,6–66,0 %). Производство нормативно чистых по содержанию <sup>137</sup>Cs ягод голубики высокорослой на территории этих районов не исключается, однако организовать их масштабное производство будет проблематично.

единены районы с наиболее благоприятными среди загрязненных районов почвенно-радиоэкологическими условиями к возделыванию голубики высокорослой и минимальным риском превышения допустимого уровня содержания <sup>137</sup>Cs в ягодах; II и III группы по пригодности земель и риску превышения <sup>137</sup>Cs в ягодах занимают промежуточное положение; в IV группе – районы с наименьшей радиоэкологической пригодностью и соответственно с максимальным риском.

Результаты работы могут быть использованы при планировании размещения плантаций голубики высокорослой в районах республики, пострадавших от аварии на ЧАЭС. Методологические подходы в оценке и группировке сельскохозяйственных земель по радиоэкологической пригодности к возделыванию голубики высокорослой универсальны и применимы при оценке других регионов.

### Библиографический список

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь : стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева (предс. ред. кол.) [и др.]. – Минск, 2020. – 203 с.
2. Павловский, Н. Б. Систематическое положение и классификация сортов голубики секции *Suaposoccus* / Н. Б. Павловский // Плодоводство. – 2013. – Т. 25. – С. 533–543.

3. В Европе быстро увеличиваются площади под голубикой [Электронный ресурс] // EastFruit. Информация о рынках овощей и фруктов на восток от Евросоюза. – Режим доступа: <https://east-fruit.com/article/v-evrope-bystro-uvlechivayutsya-ploshchadi-pod-golubikoy>. – Дата доступа : 08.05.2020.

4. Курлович, Т. В. Габитус и урожайность зрелых растений сортовой голубики в репродуктивной фазе онтогенеза / Т. В. Курлович // Опыт и перспективы возделывания голубики на территории Беларуси и сопредельных стран : материалы Междунар. науч. конф. (Минск, 17–18 июля 2014 г.). – Минск : Конфидо, 2014. – С. 49–56.

5. Ермоленко, А. В. Сортовые особенности сроков созревания и урожайности ягод голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) в условиях восточной части Беларуси / А. В. Ермоленко, А. Д. Сивцова, Н. В. Костина // Вестн. БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 25–29.

6. Параметры накопления  $^{137}\text{Cs}$  голубикой высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) / А. В. Ермоленко [и др.] // Мелиорация. – 2018. – № 3 (85). – С. 63–69.

7. Драганская, М. Г. Агроэкологическое обоснование применения органических удобрений на радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых песчаных почвах юго-запада России : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04 / М. Г. Драганская; Брянск. ГСХА. – Брянск, 2008. – 55 с.

8. Рупасова, Ж. А. Фиторекультивация выбывших из промышленной эксплуатации торфяных месторождений севера Беларуси на основе возделывания ягодных растений семейства Ericaceae / Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев ; под общ. ред. В. Н. Решетникова ; Нац. акад. наук Беларуси, Центр. ботан. сад. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 279 с.

9. Параметры накопления  $^{137}\text{Cs}$  голубикой высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) / А. В. Ермоленко [и др.] // Мелиорация. – 2018. – № 3 (85). – С. 63–69.

10. Изучить сортовые различия и влияние показателей почвенного плодородия на накопление  $^{137}\text{Cs}$  голубикой высокорослой (*Vaccinium corymbosum*) : отчет о НИР (заключ.) / МГУ имени А. А. Кулешова; рук. темы Н. Н. Цыбулько. – Могилев, 2018 г. – 41 с. – № ГР20161338.

11. Ермоленко, А. В. Методические аспекты почвенно-радиоэкологической оценки пригодности земель к возделыванию голубики высокорослой / А. В. Ермоленко, Н. Н. Цыбулько, И. И. Жукова // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития : сб. науч. тр. Междунар. науч. экол. конф. / под ред. И. С. Белюченко. – Краснодар : КубГАУ, 2020. – С. 247–250.

12. Цыбулько, Н. Н. Оптимизация использования загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель и агрохимических защитных мероприятий в отдаленный период Чернобыльской аварии: дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.03 / Н. Н. Цыбулько. – Минск, 2017. – 392 л.

13. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС МЧС РБ, М-во с.-х. и прод. РБ. – Минск, 2012. – 122 с.

Поступила 22 августа 2020 г.