

## СОДЕРЖАНИЕ ГЛИФОСАТА В ЗЕРНЕ ПРИ ДЕСИКАЦИИ ПОСЕВОВ В ПРИОБЬЕ

✉ Данилова А.А., Итэсь Ю.В., Колбин С.А.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук*

Россия, Новосибирская область, р.п. Краснообск

✉ e-mail: danilova7alb@yandex.ru

Определены остаточные количества глифосата в зерне пшеницы после десикации посевов. Глифосат – наиболее применяемый в мире гербицид. Уровень его экотоксичности широко обсуждают в научной литературе после отнесения соединения к категории «вероятно канцерогенных» пестицидов. Предполагают, что остаточное количество гербицидов может быть наиболее высоким при десикации посевов перед уборкой. Исследования проведены в 2018 г. (центральная лесостепь Новосибирского Приобья – 54°53'13,5"N, 82°59'36,7"E). В эксперименте десикацию посевов осуществили гербицидом Зеро Супер (содержание изопропиламинной соли глифосата 750 г/кг) в рекомендованной дозе, равной 1,5–2,0 кг/га. Остаточное количество гербицидов в растительной биомассе определяли при помощи тест-системы, основанной на принципе иммуноферментного анализа. Предподготовку растительных проб осуществляли согласно рекомендации фирмы Stylab, проводившей валидацию метода для определения глифосата в зерне. Остаточное количество гербицида обнаружено во всех 37 испытанных образцах. Независимо от срока отбора образцов после десикации показатель в зерне не превышал 4,4 мг/кг. Спустя 14 дней после десикации уровень минимального количества пестицида был ниже (0,5 мг/кг) в сравнении с данными, полученными спустя 7 дней (2,6 мг/кг). Содержание остаточного количества гербицидов в соломе пшеницы оказалось выше, чем в зерне. Наиболее высокие значения показателя обнаружены в биомассе сорной растительности, высохшей при десикации (до 9 мг/кг). В зерне, хранившемся один год, содержание остаточного количества гербицидов не снизилось. Полученные данные сравнили с уровнями ПДК остаточного количества гербицидов в зерне пшеницы, принятыми в мире.

**Ключевые слова:** глифосат, остаточные количества, зерно пшеницы, Приобье

## GLYPHOSATE RESIDUES IN GRAIN AFTER DESICCATION OF CROPS IN THE OB REGION

✉ Danilova A.A., Ites Yu.V., Kolbin S.A.

*Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences*

Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

✉ e-mail: Danilova7alb@yandex.ru

The residual amounts of glyphosate in wheat grain after desiccation of crops were determined. Glyphosate is the most widely used herbicide in the world. The level of its ecotoxicity is widely discussed in the scientific literature after the compound was classified as “a likely carcinogenic” pesticide. It is assumed that glyphosate residues can be highest when the crops are desiccated before harvesting. The studies were carried out in 2018 (central forest-steppe of the Novosibirsk Ob region (54°53'13.5"N, 82°59'36.7"E). In the experiment, desiccation of wheat was carried out with the herbicide Zero Super (the content of isopropylamine salt of glyphosate was 750 g/kg) at the recommended dose of 1.5– 2.0 kg/ha. Glyphosate residues in plant biomass were determined using the test system, based on the principle of enzyme immunoassay. Pre-preparation of the samples for the analysis was carried out according to the recommendation of Stylab laboratory, which validated the method for the determination of glyphosate in grain. Glyphosate residues were found in all of the 37 samples tested. Regardless of the sampling period after desiccation, herbicide residues in the grain did not exceed 4.4 mg/kg. In 14 days after desiccation, the minimum pesticide level was lower (0.5 mg/kg) compared to the data obtained in 7 days (2.6 mg/kg). The content of the herbicide residues in wheat straw was higher than in grain. The highest values of glyphosate residues were

found in the dry biomass of weed vegetation (up to 9 mg/kg). In the grain stored for 1 year, the content of GR has not decreased. The data obtained were compared with the MRL for the residual amount of glyphosate in wheat grain accepted in the world.

**Keywords:** glyphosate, residual amount, wheat grain, the Ob region

#### **Благодарность**

Работа выполнена в рамках выполнения государственной программы ГЗ 0533-2021-0005.

#### **Acknowledgements**

The work was carried out within the framework of the state program GZ 0533-2021-0005.

**Для цитирования:** Данилова А.А., Итэс Ю.В., Колбин С.А. Содержание глифосата в зерне при десикации посевов в Приобье // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51 № 3. С. 24–30. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-3-3>

**For citation:** Danilova A.A., Ites Yu.V., Kolbin S.A. Glyphosate residues in grain after desiccation of crops in the Ob region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 3, pp.24–30. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-3-3>

#### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Получение стабильных урожаев для обеспечения возрастающего населения планеты достаточным количеством продуктов питания и сырья при сокращающихся земельных ресурсах невозможно без применения химических средств защиты растений, что чревато загрязнением окружающей среды остаточными количествами пестицидов [1]. Для решения этой проблемы мировое сообщество предпринимает комплексные меры: осуществляет поиск новых формул химических средств с низкой дозой применения, совершенствует подходы и методы контроля остаточного количества пестицидов в объектах окружающей среды, разрабатывает новые технологии по очищению загрязненных территорий и др. [2–4].

Аграрный сектор Сибирского федерального округа находится в общемировом тренде в отношении наращивания химических средств защиты растений. При этом оценка безопасности применяемых пестицидов основывается на рекомендациях производителей, разработанных для территорий с более благоприятными в сравнении с Сибирью климатическими условиями. В связи с этим возникает необходимость исследования особенностей деградации пестицидов в растениеводческой продукции и объектах окружающей среды в специфических условиях короткого, часто засушливого вегетационного периода Сибири. Новосибирская об-

ласть – один из крупнейших производителей зерна в Сибирском федеральном округе. Существенную часть продукции в хозяйствах получают с помощью интенсивных технологий выращивания культур, и эта тенденция развития земледелия будет только усиливаться. Кроме того, в последние годы все более активно осваиваются агротехнологии, предполагающие частичный или полный отказ от механической обработки почвы (система прямого посева, No-till и др.), что требует повышенного применения пестицидов. Одними из наиболее широко применяемых в таких агротехнологиях пестицидов являются гербициды сплошного действия на основе глифосата. В Российской Федерации гербициды на основе данного соединения составляют 1/3 от объема применяемых гербицидов и представлены более 40 наименованиями [5].

Глифосат – действующее вещество спектра неселективных системных гербицидов, впервые запатентованных в виде коммерческих продуктов, таких как Roundup® (фирма Monsanto Co) или Touchdown® (фирма Syngenta Co) в 1974 г. С тех пор эти гербициды стали одними из самых широко применяемых в мире, и темпы потребления их возрастают [6, 7]. Увеличение посевов трансгенных культур, устойчивых к данной группе гербицидов, повышение устойчивости сорной растительности способствуют расширению рынка гербицидов на основе глифосата [8, 9].

Высокая экотоксичность большинства из пестицидов экспериментально доказана. Вероятно, не является исключением и глифосат (N-(phosphonomethyl)glycine). В 2015 г. Агентство по изучению рака ВОЗ (IARC) отнесло глифосат к группе «возможно канцерогенных» пестицидов<sup>1</sup>. Заявление IARC вызвало общественный и научный резонанс во всем мире. Европейский союз рекомендовал ограничить применение глифосата в качестве десиканта и прекратить обработку им общественных садов и парков<sup>2</sup>. Сформировались общественные движения за полный запрет применения препарата в аграрном секторе. За период, прошедший после публикации документа (см. сноску 1), проведено много исследований по разным аспектам проблемы. Получены весьма противоречивые данные. В целом авторы считают, что пока количество, длительность, дизайн исследований недостаточны для окончательных выводов [8, 9]. К настоящему моменту в ЕС применение глифосата разрешено только до 2022 г., ряд стран (Бельгия, Колумбия, Нидерланды, Шри-Ланка, Франция, многие страны Ближнего Востока) законодательно ограничили применение глифосата в сельском хозяйстве [10, 11].

Однако появление глифосата в свое время позволило перейти к новому этапу развития почвозащитного и ресурсосберегающего земледелия в мире. В настоящее время трудно представить аграрный сектор без этого препарата. В последние годы изучают возможные параметры производства продуктов питания, если применение глифосата будет запрещено. Как показали расчеты, в этом случае валовой сбор сои, кукурузы, рапса в мире может снизиться на 18,6; 3,1; 1,5 млн т в год соответственно. Для компенсации этих потерь потребуется увеличение площади пашни на 0,76 млн га. При этом стоимость борьбы с сорной растительностью повы-

сится на 20–30 дол. США/га. Применение альтернативных гербицидов не приведет к понижению пестицидной нагрузки на агроценозы [12, 13].

Как показывает наш краткий обзор, несмотря на экотоксичность, сельское хозяйство вряд ли сможет отказаться от применения глифосата. Выход из ситуации один – строгий контроль остаточного количества пестицида в объектах окружающей среды, прежде всего в продукции, для максимального сокращения поступления его в пищевые цепи.

Цель исследования – определить величину остаточного количества глифосата в зерне и соломе пшеницы после десикации посевов в рекомендованных дозах и сроках уборки урожая в Приобье, уточнить степень разложения его при хранении зерна в течение года.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2018 г. на территории научно-экспериментальной базы Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации СФНЦА РАН (центральная лесостепь Новосибирского Приобья, 54°53'13,5"N, 82°59'36,7"E). Десикация посевов яровой пшеницы осуществлена 3 сентября гербицидом Зеро Супер (содержание изопропиламинной соли глифосата 750 г/кг) в рекомендованной дозе, равной 1,5–2 кг/га<sup>3</sup>. Пшеница – Новосибирская 31. Влажность зерна перед десикацией 25–28%. Опрыскиватель ОП-2000. Норма расхода рабочего раствора 270 л/га. Уборка урожая проходила через 21 и 25 дней (в 2017 и 2018 гг. соответственно) после десикации. Отбор образцов произвели сноповым методом (1 м<sup>2</sup>) в трехкратной повторности на делянке и трех повторениях опыта (9 снопов). В период после десикации отмечена температура воздуха, близкая к среднеголет-

<sup>1</sup>IARC Monograph on Glyphosate ([https://www.iarc.fr/en/.../iarcnews/.../glyphosate\\_IARC2016](https://www.iarc.fr/en/.../iarcnews/.../glyphosate_IARC2016)).

<sup>2</sup>Directive 2009/128/EC, 2009b (Article 4) of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009. Regulation (EC) No 1107/2009 of the European Parliament and of the council of 21 October 2009 concerning the placing of plant protection products on the market and repealing Council Directives 79/117/EEC and 91/414/EEC <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:309:0001:0050:EN:PDF>.

<sup>3</sup>Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.

ней норме. Осадки составили в 2017 г. (уборка 9.09.2017) 20 мм при среднемноголетней норме 33 мм, в 2018 г. (уборка 13.09.2018) – 60 мм при норме 40 мм.

Анализу подвергли зерно, солому и биомассу сорной растительности, высохшей под воздействием препарата. Для определения возможности разложения глифосата при хранении зерновой продукции анализировали зерно урожая 2017 г., хранившегося в течение года в прохладном и сухом помещении. Остаточное количество глифосата определяли с помощью тест-системы ИФА Abraxis Glyphosate Plate. Подготовку растительных проб осуществляли согласно рекомендации (процедура R091313) фирмы Stylab (Москва), проводившей валидацию метода для определения глифосата в зерне ([www.Stylab.ru](http://www.Stylab.ru)). Пробы образцов дериватизировали, затем вносили вместе со специфичными к глифосату антителами в лунки микротитровального планшета, покрытые антивидовыми антителами к антителам на глифосат, и инкубировали 30 мин. Затем вносили ферментный конъюгат глифосата. В этот момент происходит конкурентная реакция между глифосатом, который может содержаться в пробе, и меченым ферментом глифосата за места связывания с антителами на планшете. После отмывки и внесения субстрата (цветной раствор) развивается цветной сигнал (синяя окраска). Присутствие глифосата обнаруживается внесением цветного раствора, который содержит ферментный субстрат (перекись водорода) и хромоген (3,3', 5,5'-тетраметилбензидин). Связанный анти-

телами конъюгат глифосата с ферментом катализирует превращение смеси субстрат/хромоген в окрашенные в синий цвет продукты реакции. После инкубации реакцию останавливали и стабилизировали внесением разбавленной кислоты (стоп-раствор). Поскольку имелась конкуренция между меченым глифосатом (конъюгат) и немеченым (проба) за связывание с антителами, интенсивность окраски обратно пропорциональна концентрации глифосата в пробе.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Остаточное количество глифосата обнаружено во всех 37 испытанных образцах. Независимо от срока отбора образцов после десикации в зерне оно не превышало 4,4 мг/кг (см. табл. 1). Спустя 14 дней после десикации уровень минимального количества был ниже (0,5 мг/кг) в сравнении с данными, полученными спустя 7 дней (2,6 мг/кг). Содержание остаточного количества глифосата в соломе пшеницы оказалось выше, чем в зерне. Наиболее высокие значения показателя обнаружены в биомассе сорной растительности, высохшей при десикации.

В зерне, хранившемся в течение года в сухом прохладном помещении, остаточное количество глифосата было несколько выше в сравнении с данными, полученными при анализе зерна урожая 2018 г.

Впервые для Сибири получены данные по содержанию остаточного количества гербицидов в зерне пшеницы после десикации рекомендованными дозами гербицида.

**Табл. 1.** Содержание остаточного количества глифосата в надземной биомассе зернового агроценоза после десикации посевов

**Table 1.** Concentration of glyphosate residues in the aboveground biomass of grain agrocenosis after desiccation of crops

| Год отбора образца | n  | День после десикации | Доза гербицида, кг/га | Субстрат | Содержание глифосата, мг/кг |         |
|--------------------|----|----------------------|-----------------------|----------|-----------------------------|---------|
|                    |    |                      |                       |          | lim                         | среднее |
| 2018               | 7  | 7                    | 1,5                   | Зерно    | 2,6–4,4                     | 3,6     |
|                    | 12 | 14                   | 1,5                   | »        | 0,5–3,9                     | 2,5     |
|                    | 6  | 14                   | 1,5                   | Солома   | 5,5–6,0                     | 5,7     |
|                    | 6  | 14                   | 1,5                   | Сорняки  | 8–9                         | 8,5     |
| 2017               | 6  | Через год хранения   | 2                     | Зерно    | 4,1–5,4                     | 4,2     |

Отметим, что MRL (maximum residual level), или МДУ остаточного количества глифосата в необработанном зерне пшеницы существенно различается по странам мира. В США данная величина принята равной 30 мг/кг, в ЕС – 10, в Канаде – 5 мг/кг<sup>4</sup>. Вероятно, это связано с различным фоновым значением содержания остаточного количества пестицида в продукции. Как отмечают авторы обзора [9], эти пределы постоянно растут, очевидно, вслед за повышением содержания контаминантов в продукции. В Российской Федерации величина МДУ остаточного количества гербицидов составляет 20 мг/кг зерна<sup>5</sup>. Сложно понять, откуда появилась данная цифра. Вероятно, это расчетное среднее значение MRL, принятых в США и ЕС, поскольку опубликованных сведений по содержанию остаточного количества глифосата в зерне для Российской Федерации в доступной литературе мы не обнаружили. Согласно указанным выше критериям, содержание остаточного количества гербицидов в зерне в нашем опыте находится в допустимых пределах. Судя по уменьшению минимального обнаруженного количества остатков глифосата в зерне срок ожидания 14 дней после десикации имеет существенное значение.

Как отмечают авторы обзора, опубликованного в 2019 г. [11], в научной литературе документированных сведений о содержании остаточного количества гербицидов в зерновой продукции, в частности зерне пшеницы, после десикации крайне мало. Авторы обнаружили только четыре источника, опубликованных с 2013 по 2018 г. (см. табл. 2). Из этих данных следует, что уровень остаточного количества гербицидов в зерне после десикации в одном случае из четырех превышал MRL, принятый в Канаде (исследование проведено в Канаде). Для территории бывшего СССР в доступе имеются данные по Украине [14]. В Киевской области в 2002–2011 гг. определяли остаточное количество гербицидов в зерне трех сортов пшеницы при десикации посевов 3 л/га изопропило-

вой соли глифосата (480 г/л д.в.). В зависимости от сорта пшеницы показатель в зерне составил 0,5–2,5 мг/кг. В табл. 2 мы привели данные по изменению содержания остаточного количества гербицидов в продуктах переработки зерна. Основное количество его остается в отрубях. В специальном эксперименте канадских исследователей [15] доля остаточного количества гербицидов в отрубях составила 81% от исходного содержания в зерне. Диетологи обычно предлагают отруби в качестве компонента здорового питания. Отсюда следует вывод, что данную сторону вопроса необходимо иметь в виду.

В целом создается впечатление о вполне благополучной ситуации с изучаемым показателем в зерне после десикации. Однако возникает вопрос, почему принятый FAO/WHO MRL по остаточным количествам глифосата в зерне пшеницы равен 30 мг/кг.

Если данных по динамике остаточного количества гербицидов при переработке зерна достаточно много, то сведений по изменению содержания пестицида при хранении зерна крайне недостаточно [11]. Мы получили сведения по данному вопросу. Наш вывод основан на допущении, что строгое соблюдение одинаковых условий опыта в оба года исследований обусловило примерно близкий уровень остаточного количества гербицидов в зерне перед уборкой. При хранении зерна в течение года данный по-

**Табл. 2.** Содержание глифосата в зерне пшеницы до и после переработки [11]

**Table 2.** Concentration of glyphosate in wheat grain before and after processing [11]

| Содержание глифосата в исходном зерне, мг/кг | Продукты переработки зерна |                             |
|----------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
|                                              | Вид продукта               | Содержание глифосата, мг/кг |
| Менее 0,13                                   | Отруби                     | 0,7                         |
| 0,67                                         | Мука                       | 0,02                        |
| 1,07–1,13                                    | Хлеб                       | 0,001–0,0458                |
| 6,1–11,1                                     | Выпечка                    | 0,001–0,0179                |

<sup>4</sup>BCGlobal Pesticide MRL Database <https://www.bryantchristie.com/BCGlobal-Subscriptions/Pesticide-MRLs>

<sup>5</sup>Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень) ГН 1.2.3538-18 // Бюллетень нормативных и методических документов Россанэпиднадзора. 2019. Вып. 3 (77). С. 7–103.

казатель не снижался. Вероятно, это связано с известным фактом, что глифосат хорошо фиксируется в растительной биомассе, вследствие чего скорость его метаболизма снижается [16]. Важны сведения по остаточному количеству гербицидов в соломе и сорняках, поскольку, как следует из наших данных, эти компоненты биомассы могут служить значимым концентратором пестицидов в агроценозе.

## ВЫВОДЫ

1. Остаточные количества глифосата (до 4,4 мг/кг) обнаружены во всех пробах зерна пшеницы с посевов, подвергнутых десикации.
2. При хранении загрязненного зерна в течение года в сухом и прохладном помещении снижения остаточного количества глифосата в зерне не отмечено.
3. Обнаружено значительно более высокое в сравнении с зерном содержание остаточного количества глифосата в соломе и биомассе сорной растительности (до 9 мг/кг). Данные растительные остатки могут быть значимым источником загрязнения среды пестицидом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаренко В.А. Использование пестицидов в аграрном секторе России в контексте развития глобальных рынков средств защиты растений // *Агрохимия*. 2020. № 3. С. 43–48. DOI: 10.31857/S000218812003014X.
2. Sacchetti G., Calliera M. Link practical-oriented research and education: New training tools for a sustainable use of plant protection products // *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 579. P. 972–977. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.166.
3. Samsidar A., Siddiquee S., Shaarani S. Md. A review of extraction, analytical and advanced methods for determination of pesticides in environment and foodstuffs // *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 71. P. 188–201. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.11.011.
4. Hamlyn O. Shadow Zones: Transparency and Pesticides Regulation in the European Union // *Cambridge Yearbook of European Legal Studies*. 2019. Vol. 21. P. 243–272. DOI: 10.1017/cel.2019.15.
5. Михайликова В.В., Стребкова Н.С. Использование средств защиты растений в Российской Федерации // *Агрохимия*. 2015. № 12. С. 56–59.
6. Duke S.O., Powles S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide // *Pest Manag Sci*. 2008. Vol. 64 (4). P. 319–325. DOI: 10.1002/ps.1518.
7. Li Z., Jennings A. Worldwide Regulations of Standard Values of Pesticides for Human Health Risk Control: A Review // *International journal of environmental research and Public Health*. 2017. Vol. 14. P. 2–41 DOI: 10.3390/ijerph14070826.
8. Van Bruggen A.H.C., Shin K., Mai V., Jeong K.C., Finckh M.R., Morris J.G. Jr. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate // *Science of The Total Environment*. 2018. Vol. 616–617. P. 255–268. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.10.309.
9. Meftaul I.Md., Venkateswarlu K., Mallavarapu Megharaj M. Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate : Is it to be banned in modern agriculture? // *Environmental Pollution*. 2020. Vol. 263. P. 1–35. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114372.
10. Sørensen M.T., Poulsen H.D., Højberg O. Review: Feed residues of glyphosate – potential consequences for livestock health and productivity // *Animal*. 2021. Vol. 15. Is. 1. P. 1–26. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100026.
11. Xua J., Smith S., Smith G., Wang W., Li Y. Glyphosate contamination in grains and foods: An overview // *Food Control*. 2019. Vol. 106. P. 1–8. DOI: 10.1016/J.FOODCONT.2019.106710.
12. Brookes G. Glyphosate use in Asia and implications of possible restrictions on its use // *AgBioForum*. 2019. Vol. 22 (1). P. 1–26.
13. Beckie H.J., Flower K.C., Ashworth M.B. Farming without Glyphosate? // *Plants*. 2020. Vol. 9. Is. 96. DOI: 10.3390/plants9010096.
14. Лепешкин И.В., Медведев В.И., Багацкая Е.Н., Гринько А.П., Кузнецова Е.М. Токсикологическая гигиеническая оценка остаточных количеств глифосата в их продукции // *Environment & Health*. 2013. N. 4. P. 45–49.
15. Tittlemier S.A., Bestvater L., Carlson J., Kletke J., Izydorczyk M., Fu B.X. Fate of glyphosate in wheat during milling and bread production // *Cereal Chemistry*. 2021. Vol. 98. P. 100–108. DOI: 10.1002/cche.1036.
16. Feng D., Soric A., Boutin O. Treatment technologies and degradation pathways of glyphosate: A critical review // *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 742. P. 1–25. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140559.

## REFERENCES

1. Zakharenko V.A. Use of pesticides in the agricultural sector of Russia in the context of the development of global markets of plant protection products. *Agrohimiya = Agricultural Chemistry*, 2020, no. 3, pp. 43–48. (In Russian). DOI: 10.31857/S000218812003014X.
2. Sacchetti G., Calliera M. Link practical-oriented research and education: New training tools for a sustainable use of plant protection products. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 579, pp. 972–977. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.10.166.
3. Samsidar A., Siddiquee S., Shaarani S. Md. A review of extraction, analytical and advanced methods for determination of pesticides in environment and foodstuffs. *Trends in Food Science & Technology*, 2018, vol. 71, pp. 188–201. DOI: 10.1016/j.tifs.2017.11.011.
4. Hamlyn O. Shadow Zones: Transparency and Pesticides Regulation in the European Union. *Cambridge Yearbook of European Legal Studies*, 2019, vol. 21, pp. 243–272. DOI: 10.1017/cel.2019.15.
5. Mikhaylikova V.V., Strebkova N.S. The use of plant protection products in the Russian Federation. *Agrohimiya = Agricultural Chemistry*, 2015, no. 12, pp. 56–59. (In Russian).
6. Duke S.O., Powles S.B. Glyphosate: a once-in-a-century herbicide. *Pest Manag Sci*, 2008, vol. 64 (4), pp. 319–325. DOI: 10.1002/ps.1518.
7. Li Z., Jennings A. Worldwide Regulations of Standard Values of Pesticides for Human Health Risk Control: A Review. *International journal of environmental research and Public Health*, 2017, vol. 14, pp. 2–41. DOI: 10.3390/ijerph14070826.
8. Van Bruggen A.H.C., Shin K., Mai V., Jeong K.C., Finckh M.R., Morris J.G. Jr. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. *Science of The Total Environment*, 2018, vol. 616–617, pp. 255–268.
9. Meftaul I.Md., Venkateswarlu K., Mallavarapu Megharaj M. Controversies over human health and ecological impacts of glyphosate : Is it to be banned in modern agriculture? *Environmental Pollution*, 2020, vol. 263, pp. 1–35. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114372.
10. Sørensen M.T., Poulsen H.D., Højberg O. Review: Feed residues of glyphosate – potential consequences for livestock health and productivity. *Animal*, 2021, vol. 15, is. 1 pp. 1–26. DOI: 10.1016/j.animal.2020.100026.
11. Xua J., Smith S., Smith G., Wang W., Li Y. Glyphosate contamination in grains and foods: An overview. *Food Control*, 2019, vol. 106, pp. 1–8. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.106710.
12. Brookes G. Glyphosate use in Asia and implications of possible restrictions on its use. *AgBioForum*, 2019, vol. 22 (1), pp. 1–26.
13. Beckie H.J., Flower K.C., Ashworth M.B. Farming without Glyphosate? *Plants*, 2020, vol. 9, is. 96. DOI: 10.3390/plants9010096.
14. Lepeshkin I.V., Medvedev V.I., Bagackaya E.N., Grin'ko A.P., Kuznecova E.M. Toxicological and hygienic assessment of glyphosate residual quantity in agricultural production. *Environment & Health*, 2013, no. 4, pp. 45–49.
15. Tittlemier S.A., Bestvater L., Carlson J., Kletke J., Izydorczyk M., Fu B.X. Fate of glyphosate in wheat during milling and bread production. *Cereal Chemistry*, 2021, vol. 98, pp. 100–108. DOI: 10.1002/cche.10369.
16. Feng D., Soric A., Boutin O. Treatment technologies and degradation pathways of glyphosate: A critical review. *Science of The Total Environment*, 2020, vol. 742, pp. 1–25. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140559.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Данилова А.А.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: danilova7alb@yandex.ru

**Итэс Ю.В.**, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией

**Колбин С.А.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

## AUTHOR INFORMATION

✉ **Albina A. Danilova**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: danilova7alb@yandex.ru

**Yuri V. Ites**, Candidate of Science in Biology, Head of Laboratory

**Sergey A. Kolbin**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

*Дата поступления статьи / Received by the editors 29.12.2020*  
*Дата принятия к публикации / Accepted for publication 19.04.2021*  
*Дата публикации / Published 26.07.2021*