

МИГРАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЕРБИЦИДОВ ПОЧВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ В ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ РАЗЛИЧНОЙ СТАДИИ ТРАНСФОРМАЦИИ

О. В. Пташец¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. Н. Лученок¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. В. Сижук¹, младший научный сотрудник

А. А. Рыбченко¹, младший научный сотрудник

П. М. Кислушко², кандидат биологических наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²РУП «Институт защиты растений»,

д. Прилуки, Минский р-н, Минская обл., Беларусь

Аннотация

В модельных экспериментах проведено изучение и оценка миграционной способности гербицидов почвенного действия в торфяных почвах различной стадии трансформации. С-метолахлор незначительно мигрирует в слои ниже 2,5 см. К 110-м суткам определяемые количества гербицида были и вовсе незначительны. Кломазон характеризовался более высокой миграцией как по профилю (до 12,5 см через 40 суток), так и по верхним слоям. Основное его количество отмечено в слое 0–5 см. Таким образом, кломазон может подавлять рост сорной растительности из семян, расположенных в слое до 5 см.

Ключевые слова: гербициды, С-метолахлор, кломазон, миграция, торфяные почвы.

Abstract

O. V. Ptashats, L. N. Luchanok, L. V. Sizhuk, A. A. Rybchanka, P. M. Kislushko

MIGRATION CAPACITY OF SOIL-APPLIED HERBICIDES IN PEAT SOILS OF VARIOUS STAGES OF TRANSFORMATION

Migration capacity of soil-applied herbicides in peat soils of various stages of transformation was studied and assessed through the model experiment. S-metolachlor migrates marginally to layers below 2.5 cm. By day 110, the quantity of the herbicide determined was negligible. Clomazone was characterized by higher levels of migration both laterally (up to 12.5 cm deep in 40 days) and along the upper layers. Its main amount was noted in the 0–5 cm layer. Consequently, clomazone can inhibit the weeds growth from the seeds in a layer up to 5 cm.

Keywords: herbicides, C-metolachlor, clomazone, migration, peat soils.

Введение

В системе защиты посевов культурных растений, наряду с агротехническими мероприятиями, для применения рекомендован значительный ассортимент гербицидов. Для уничтожения сорняков в достаточно влажных климатических условиях Беларуси имеет смысл использовать гербициды почвенного действия, так как они применяются на самых ранних фазах развития культуры, имеют действие на многие двудольные и злаковые сорняки, их биологическая эффективность меньше зависит от температуры [1]. Почвенные гербициды могут применяться более длительный период – в течение осени или рано вес-

ной, возможны баковые смеси с гербицидами других групп. Это особенно важно при недостатке опрыскивателей [2].

Обычно гербициды вносят с водой путем опрыскивания вегетирующих растений или почвы. В первом случае на растения попадает только 5–30 % гербицида, в то время как 70–95 % ядохимиката поступают в почву. Во втором случае (при предпосевном или предвсходовом опрыскивании) все 100 % гербицида попадают в почву [3].

Одним из важных показателей поведения гербицидов в почве является оценка их миграции. Во-первых, это необходимо для пред-

ставления степени риска загрязнения гербицидами грунтовых вод, имеющих большое значение как источник хозяйственно-питьевого водоснабжения. Во-вторых, грунтовые воды могут быть подвержены загрязнению в результате миграции гербицидов с поверхности почвы через ее профиль вместе с фильтрующей дождевой водой, о чем свидетельствуют факты обнаружения данных веществ в колодцах и скважинах [4]. В-третьих, есть мера неопределенности в прогнозировании миграции гербицидов в почве, что связано не только с различием данных веществ по растворимости в воде, адсорбции почвой, но и с различием самих почв, например, по кислотности и гранулометрическому составу [5].

При соблюдении регламента применения современные гербициды в большинстве случаев не должны загрязнять почву и оказывать негативное действие на почвенные процессы и окружающую среду. Однако при внесении завышенных доз препаратов, длительном применении на одном и том же участке (особенно в случае использования гербицидов, устойчивых в окружающей среде), нарушении сроков и технологии внесения (неисправность опрыскивателя, перекрытие соседних полос при прохождении опрыскивателя и т. д.), в аварийных ситуациях может наблюдаться загрязнение почв гербицидами.

Передовые хозяйства, получающие высокие урожаи, применяют пестициды (в том числе гербициды) в значительных количествах, что может привести к загрязнению почв их остатками. С точки зрения сельского хозяйства особенно опасно загрязнение почвы остатками гербицидов, так как они, в отличие от инсектицидов и фунгицидов, обладают фитотоксичностью и могут значительно снизить урожай последующих культур севооборота.

Миграция химических веществ в почве осуществляется в основном за счет массопереноса в этой пористой среде. В естественных условиях вода фильтруется через почву в результате выпадения осадков или орошения и находящиеся в почве вещества перемещаются с водой. Если гербицид не достигает нужной зоны в почве (например, зоны расположения корней) вследствие слишком слабого или слишком сильного выщелачивания, то его применение окажется неэффективным. Кро-

ме того, легко выщелачивающиеся гербициды загрязняют как поверхностные, так и грунтовые воды, поэтому изучение подвижности гербицидов является необходимым условием при оценке его поведения в окружающей среде [3].

Результаты исследований, проведенных на песчано-глинистом суглинке, показали, что 43–45 % С-метолахлора накапливается в слое почвы 0–5 см [6]. Далее с увеличением глубины происходит уменьшение содержания остатков гербицида, причем ниже 10–17 см (в зависимости от дозы внесенного препарата) их обнаружено не было [6–10]. Остаточные количества препарата в почве во время уборки культур, как правило, не превышают значения ориентировочно допустимой концентрации, которая составляет 0,02 мг/кг [7, 8, 10]. Однако в ряде исследований указано, что С-метолахлор может мигрировать на большую глубину и вымываться в грунтовые воды [6, 9].

Помимо связывания с почвенными компонентами, детоксикация гербицидов в почве может достигаться за счет их разложения или потери вследствие улетучивания [6, 11]. С-метолахлор обладает умеренной летучестью, которая возрастает при температуре выше 25 °С, из-за этого возможны потери в результате испарения [3].

Установлено, что на черноземе малогумусном среднесуглинистом содержание остаточных количеств С-метолахлора через 40 дней снижается на 90 %, а в момент сбора урожая сельскохозяйственных культур содержание остаточных количеств гербицида в почве было ниже предела количественного определения аналитического метода [12].

Некоторыми исследователями отмечена миграция кломазона (нормы внесения 1,4 кг/га) на глубину до 10 см, который обнаруживали через 120 суток после внесения [13]. На лугово-глеевую почвах с pH = 5,7 (Приморский край) отмечена миграция (доза 0,72 л/га) на глубину 10–20 см [9].

Исходя из вышеизложенного целью наших исследований являлась оценка миграционной способности действующих веществ гербицидов почвенного действия (С-метолахлор и кломазон) в торфяных почвах различных стадий трансформации (по содержанию органического вещества (далее – ОВ).

Объекты и методы исследования

Для оценки миграционной способности гербицидов в торфяных почвах различных стадий трансформации без участия растений были проведены модельные эксперименты в колоннах высотой 200 мм, состоящие из колец по $25 \pm 0,05$ мм. Торфяная почва с содержанием ОВ: 10 ± 5 % (минеральные остаточно- и постторфяные почвы), 45 ± 5 % (торфяно-минеральные почвы) и 75 ± 5 % (агроторфяные). Для исследований взяты препараты, содержащие в своем составе исследуемые действующие вещества (далее – д. в.) в двух дозах: Дуал Голд, КЭ (д. в. С-метолахлор) – 1,6 л/га (1 тах) и 3,2 л/га (2 тах); Алгоритм, КЭ (д. в. кломазон) в дозе 0,2 л/га (максимально рекомендованная доза на рапсе, свекле) и 1 л/га (максимально рекомендованная доза на сое). Миграционную способность гербицидов определяли в почве в каждом кольце через 40 и 110 сутки после применения. Условия увлажнения смоделированы по результатам анализа погодных условий за вегетационный период в регионе Полесья.

Д. в. С-метолахлор относится к группе хлорацетамидов (производным аминокислот) (рис. 1). Время полураспада в почве (DT50) составляет 11–31 сут. (неустойчивый), DT90 – до 140 сут. [3, 14]. Хлорацетамиды относятся

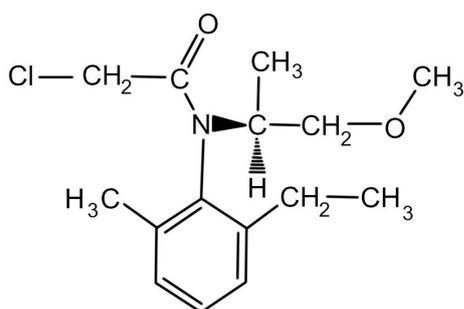


Рис. 1. Структурная формула д. в. С-метолахлор

Результаты исследований и их обсуждение

Детоксикация гербицидов в почве достигается при комплексном протекании трех процессов, а именно адсорбции, разложения и миграции. Преобладание того или иного процесса зависит от почвенно-климатических условий [3, 11].

Миграционная способность С-метолахлора по профилю торфяных почв незначительная: максимальная глубина, на которой он опреде-

к классу гербицидов-ингибиторов меристематического митоза (ингибиторов проростков) [3]. Механизм действия пестицидов класса хлорацетанилидов заключается в блокировке синтеза белка путем изменения активности аминокислот и блокировки синтеза липидов [6, 12].

Д. в. кломазон относится к группе изоксалидинонов (рис. 2). DT50 – 26,7–167,5 дней, в полевых условиях DT50 составляет: 16 дней в Испании, до 90 дней в Великобритании [15, 16]. DT50 кломазона в почве зависит от типа почв и климатических условий [3, 9, 13]; по механизму действия относится к ингибиторам синтеза пигментов; проникая в растение, прекращает синтез ди- и тетра терпенов и, как следствие, угнетает выработку хлорофиллов и β-каротина. В результате нарушается фотосинтез, что приводит к отмиранию сорняков [3].

Количественное определение д. в. препаратов проводили по модифицированной авторами методике, предназначенной для экстракции д. в. из почв с высоким содержанием ОВ, с помощью газо-жидкостной хроматографии. Методы адаптированы для анализа с учетом фактического содержания ОВ в образцах [17, 18].

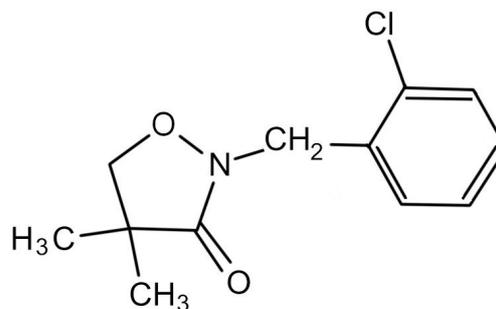


Рис. 2. Структурная формула д. в. кломазон

лялся, составляла 7,5 см при применении 2 тах дозы (рис. 3).

В целом по всему профилю количество свободного С-метолахлора снизилось к 40 суткам и определялось в почвах с содержанием ОВ 10, 37 и 75 % соответственно:

при внесении 1 тах дозы – 14,3 %, 6,1 и 3,1 % (в 1,6–2,0 раза) от стартовой концентрации 5,608 мг/кг, 12,178 и 18,522 мг/кг почвы соответственно;

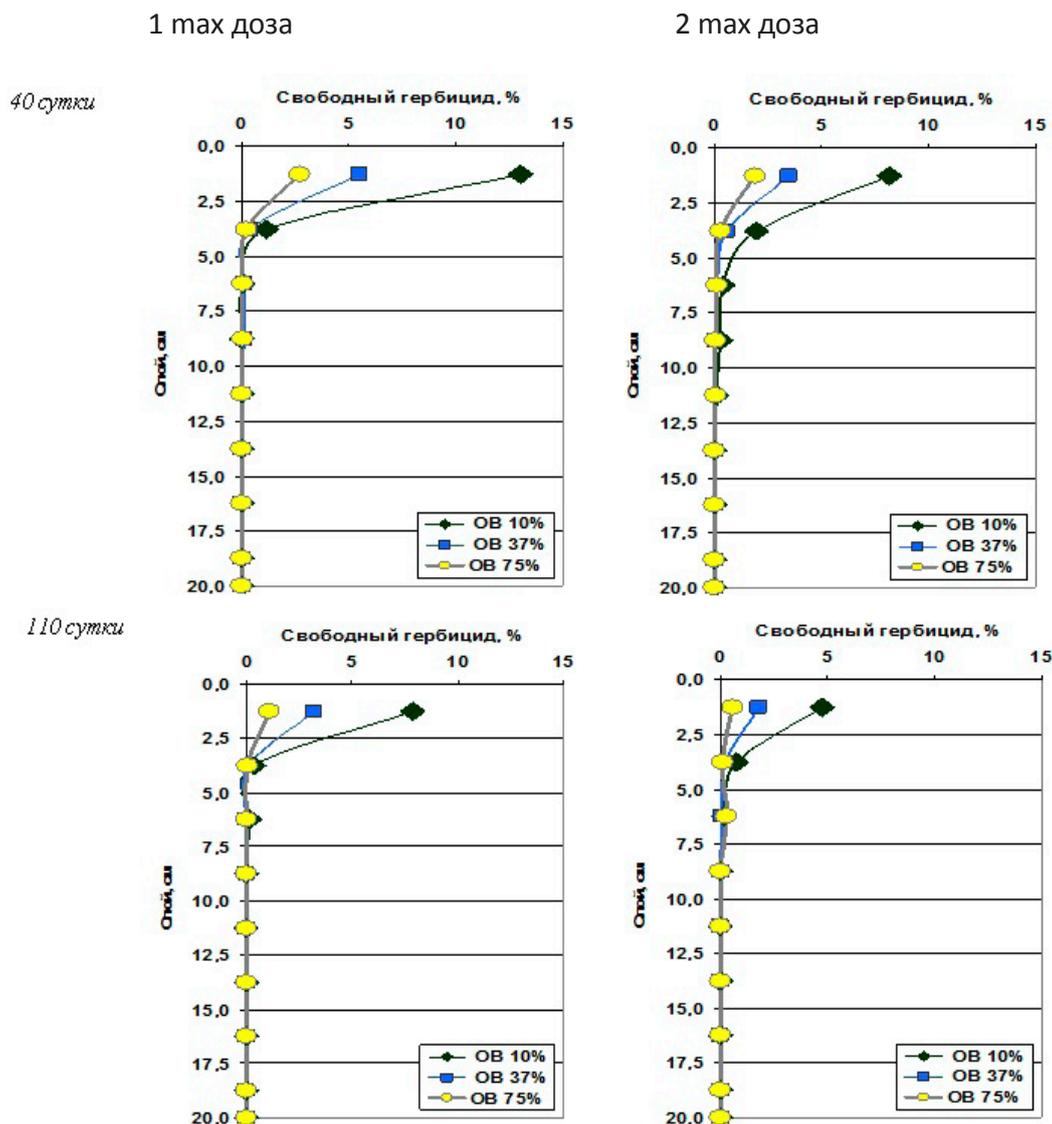


Рис. 3. Миграция д. в. С-метолахлор (препарат Дуал Голд, КЭ) по почвенному профилю через 40 и 110 суток после внесения

при 2 тах дозе – 10,9 %, 4,3 и 2,3 % (2,8–3,2 раза) от стартовой концентрации 11,204 мг/кг, 24,356 и 37,917 мг/кг почвы соответственно.

На 110 сутки концентрация С-метолахлора в почве снизилась в 1,7–4,0 раза в зависимости от содержания ОВ и глубины слоя. Установлено, что в слое 0–2,5 см при внесении 1 тах дозы с содержанием ОВ 10 % – 0,440 мг/кг, ОВ 37 % – 0,385 мг/кг, ОВ 75 % – 0,200 мг/кг и при внесении 2 тах его дозы – 0,533 мг/кг, 0,430 мг/кг, 0,214 мг/кг соответственно. На глубине 2,5–5,0 см с содержанием ОВ 10 % – 0,0182 мг/кг, ОВ 37 % – 0,0127 мг/кг, ОВ 75 % – 0,0112 мг/кг и при внесении 2 тах его дозы – 0,0856 мг/кг, 0,0622 мг/кг, 0,052 мг/кг

соответственно. На глубине 5,0–7,5 см незначительные количества д. в. определялись в почве с содержанием ОВ 10 % – 0,0101 мг/кг и при внесении 2 тах его дозы – 0,0184 мг/кг, а при ОВ 37 % и 75 % следы д. в. были обнаружены только при внесении препарата в 2 тах дозе и составили 0,0151 мг/кг и 0,0102 мг/кг.

Для кломазона характерен более высокий уровень миграции по профилю, он проникает на глубину до 10–12,5 см вне зависимости от содержания ОВ в почве. При дозе 0,2 л/га кломазон проникает в слои до 10,0 см на почвах с содержанием ОВ 37 и 75 %, на почвах с ОВ 10 % – до 12,5 см включительно. Увеличение дозы гербицида до 1,0 л/га влечет его проник-

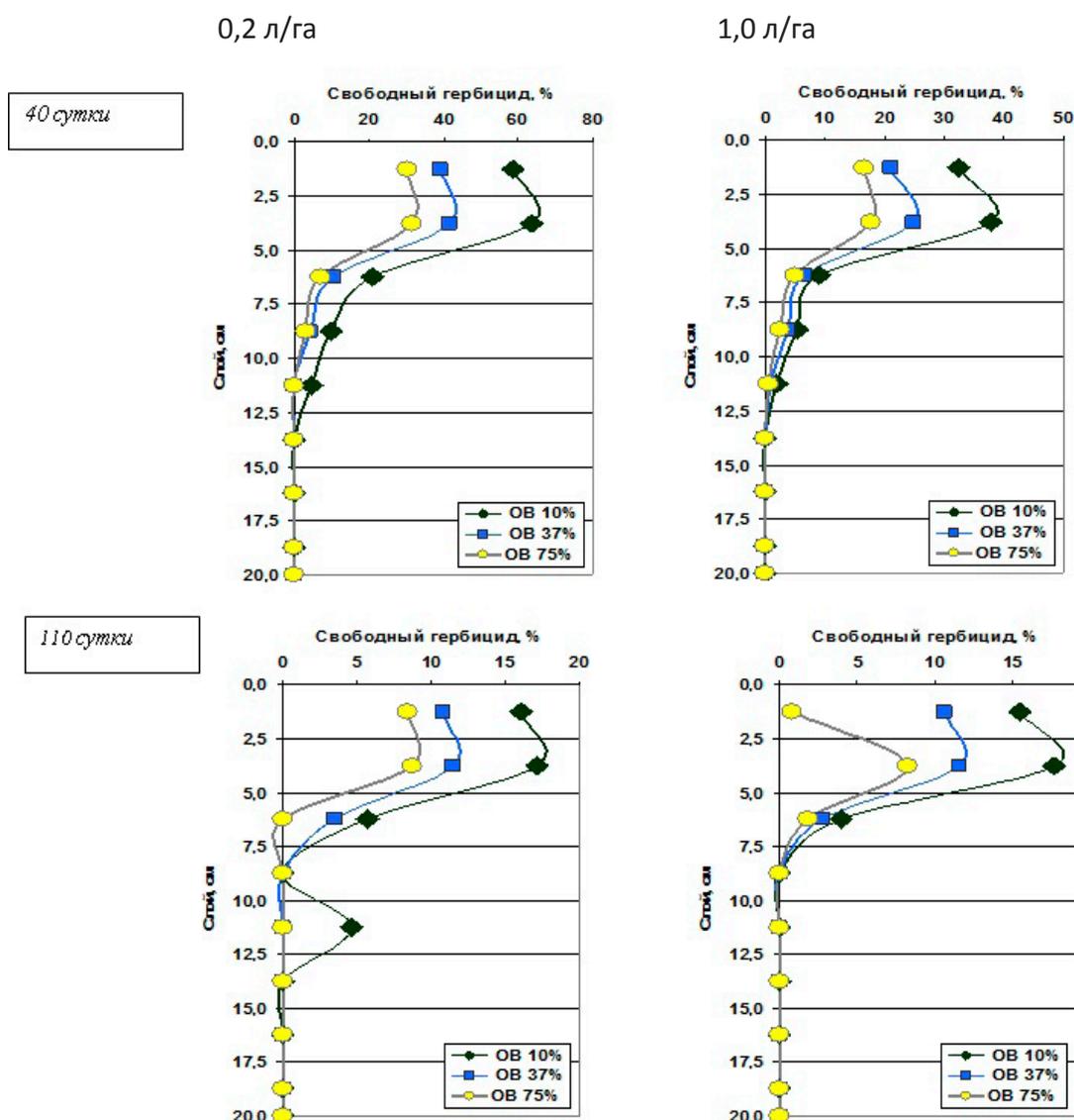


Рис. 4. Миграция д. в. кломазон (препарат Алгоритм, КЭ) по почвенному профилю через 40 и 110 суток после внесения

новение на глубину до 12,5 см вне зависимости от содержания ОБ в почве. Самая высокая концентрация кломазона отмечена в слоях 0–2,5 и 2,5–5,0 см (рис. 4).

На 40 сутки при дозе 0,2 л/га суммарно по профилю концентрация кломазона составила 0,298, 0,437 и 0,406 мг/кг для почв 10, 37 и 75 % ОБ соответственно. На 110-е сутки при этой же дозе внесения суммарное количество действующего вещества находилось в значениях 0,139, 0,117 и 0,096 мг/кг от стартовой дозы для почв с содержанием ОБ 10, 37 и 75 %.

При дозе 1,0 л/га на 40 сутки суммарно по профилю концентрация кломазона составила 1,548, 1,317 и 1,204 мг/кг от стартовой

дозы для почв 10, 37 и 75 % ОБ соответственно. На 110-е сутки, как и в случае с внесением 0,2 л/га, наблюдалось снижение содержания действующего вещества гербицида: 0,715, 0,568 и 0,308 мг/кг соответственно для почв с содержанием ОБ 10, 37 и 75 %.

Установлено, что основная концентрация свободного гербицида сосредоточена в слоях на глубине 0–5,0 см. На 40-е и 110-е сутки гербицид в этих слоях распространяется достаточно равномерно, его содержание при дозе 0,2 л/га составляет 79,9–85,8 и 85,4–100 % от суммарной остаточной дозы, а при дозе 1,0 л/га – 80–81 и 82,5–88,8 % соответственно.

Заключение

Миграция гербицида в почву перераспределяет действующее вещество по почвенному профилю, снижая гербицидную нагрузку в верхнем слое 0–2,5 см. Закономерность отмечена на всех почвенных разновидностях.

К 110-м суткам определяемые количества С-метолахлора были незначительными, остаточные количества отмечены только на сильноминерализованных почвах и при внесении гербицида в 2 тах дозах вне зависимости от содержания ОВ в слое 5,0–7,5 см.

Кломазон характеризовался более высокой миграцией как по профилю, так и по верхним слоям 0–2,5 и 2,5–5,0 см. Через 40 суток в почвах с содержанием ОВ 10 %, независимо от дозы гербицида, миграция идет на глубину до 12,5 см. Через 110 суток остаточные количества кломазона определялись в слоях

до 7,5 см вне зависимости от содержания ОВ и дозы гербицида. Только в почве с ОВ 10 % при внесении в дозе 0,2 л/га миграция была до 12,5 см. Основное количество кломазона отмечено в слое 0–5 см.

Таким образом, основное фитотоксическое действие исследуемых гербицидов будет наблюдаться в верхних слоях почвы, что позволит подавить рост и развитие сорной растительности на первоначальных этапах прорастания сельскохозяйственных культур. С течением времени концентрация вносимых гербицидов значительно снижается, что позволит при их рациональном использовании снизить риск загрязнения почв, а миграция гербицида только по верхнему профилю – избежать загрязнения грунтовых вод.

Библиографический список

1. Сорока, С. В. Эффективность баковых смесей гербицидов почвенного действия с гербицидами других групп в посевах озимых зерновых культур : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.07 / С. В. Сорока. – Жодино, 2020. – 43 с.
2. Сорока, С. В. Как решить проблему метлицы и ромашки в посевах озимых зерновых культур / С. В. Сорока // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 5 (42). – С. 25–28.
3. Куликова, Н. А. Гербициды и экологические аспекты их применения : учеб. пособие / Н. А. Куликова, Г. Ф. Лебедева. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – С. 152.
4. Гольдберг, В. М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В. М. Гольдберг, С. Газда. – М. : Недра, 1984. – 262 с.
5. Галиулин, Р. В. Миграция гербицида 2,4-Д в почве под влиянием дождя / Р. В. Галиулин, Р. А. Галиулина, Р. Р. Хоробрых // Вода: химия и экология. – 2013. – № 12 (65). – С. 101–103.
6. Janaki, P. Dynamics of metolachlor in sandy clay loam soil and its residues in maize and soybean / P. Janaki, S. Meena, C. Chinnusamy // Trends in Biosciences. – 2015. – № 8 (1). – P. 133–137.
7. Горина, И. Н. Деградация гербицидов почвенного действия в посевах подсолнечника / И. Н. Горина, Л. М. Паталаха // Защита и карантин растений. – 2013. – № 6. – С. 21–22.
8. Паталаха, Л. М. Динамика остаточных количеств гербицидов в посевах подсолнечника / Л. М. Паталаха // Защита и карантин растений. – 2007. – № 12. – С. 39.
9. Сметник, А. А. Прогнозирование миграции пестицидов в почве : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.11 ; 03.00.27 / А. А. Сметник ; МГУ имени М. В. Ломоносова. – М., 2000. – 52 с.
10. Умбетаев, И. Остаточные количества гербицидов в светло-серозёмной почве юга Казахстана / И. Умбетаев, А. Костаков // Наука и Мир. – 2014. – Т. 1. – № 2 (6). – С. 214–216.
11. Анисимова, М. А. Детоксицирующая способность почв и выделенных из них гуминовых кислот по отношению к гербицидам : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.27 / М. А. Анисимова. – Минск, 1997. – Л. 6–40.
12. Оцінка екологічної небезпеки гербіцидів класу хлорацетанілідів / В. Г. Бардов [та ін.] // Науч. вестн. Нац. мед. ун-та имени А. А. Богомольца. – 2012. – № 1. – С. 39–44.

13. Van Scoy-DaSilva, A. R. Environmental Fate and Toxicology of Clomazone / A .R. Van Scoy-DaSilva, R. S. Tjeerdema // *Reviews of Environmental Contamination and Toxicolog.* – 2014. – Vol. 229. – P. 35–39. DOI: 10.1007/978-3-319-03777-6_3.
14. Пестициды, окружающая среда и регулирование [Электронный ресурс] // RuPest.ru. – Режим доступа : <http://ruepest.ru/ppdb/s-metolachlor.html>. – Дата доступа : 22.01.2021.
15. Кломазон [Электронный ресурс] // RuPest.ru. – Режим доступа : <http://ruepest.ru/ppdb/clomazone.html>. – Дата доступа : 21.01.2021.
16. Привалова, А. В. Гербициды на основе С-метолахлора в посевах кукурузы / А. В. Привалова // *Идеи молодых ученых – агропромышленному комплексу: агроинженерные и сельскохозяйственные науки: материалы студен. науч. конф. ин-та агроинженерии, ин-та агроэкологии* / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина. – Челябинск : ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2019. – С. 231–236.
17. Кислушко, П. М. Определение остаточных количеств имазамокса в растениях гороха, почве и воде методом газожидкостной хроматографии / П. М. Кислушко, С. А. Арашкович // *Защита растений : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т защиты растений».* – Минск, 2017. – Вып. 41. – С. 287–295.
18. Кислушко, П. М. Определение остаточных количеств С-метолахлора в растительном материале, почве и воде методом газожидкостной хроматографии / П. М. Кислушко, С. А. Арашкович // *Защита растений : сб. науч. тр. / РУП «Ин-т защиты растений».* – Минск : Колорград, 2019. – Вып. 43. – С. 310–317.

Поступила 1 февраля 2021 г.