

**НОВОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ  
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЦЕЗИЕМ-137 И СТРОНЦИЕМ-90 ПОЧВ**

<sup>4</sup>М. И. ЧЕРКАШИН, д-р хим. наук, профессор,

<sup>5</sup>А. Р. ЦЫГАНОВ, д-р с.-х. наук, профессор,

<sup>1</sup>Г. А. ЧЕРНУХА, канд. с.-х. наук, доцент,

<sup>2</sup>Е. Я. БОРИСОВА, д-р хим. наук, профессор,

<sup>2</sup>Н. Ю. БОРИСОВА, канд. хим. наук,

<sup>3</sup>А. В. ЧЕРВЯКОВ, канд. техн. наук, доцент,

<sup>6</sup>П. В. ЖЕГЛАТЫЙ, <sup>4</sup>И. М. ЩЕРБАКОВА, <sup>6</sup>А. А. ИОЛТУХОВСКИЙ

<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»  
г. Горки, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Московский технологический университет  
г. Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>Научно-исследовательский экономический институт Министерства  
экономики Республики Беларусь  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>4</sup>Институт химической физики им. Н. Н. Семенова РАН  
г. Москва, Российская Федерация

<sup>5</sup>Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>6</sup>ООО ЦРСТ «Новая формула»  
г. Москва, Российская Федерация

В 50–60-х гг. XX столетия учеными-радиоэкологами под руководством В. М. Клечковского были выполнены фундаментальные исследования поведения искусственных радионуклидов в системе «почва – растение – человек». Итогом этих работ явилась разработка комплекса защитных мероприятий, обеспечивающих получение сельскохозяйственной продукции с минимальным содержанием радионуклидов. Так, было установлено, что важнейшим способом ограничения накопления радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур служит увеличение плодородия почвы, создание оптимального режима минерального питания растений и рациональное внесение удобрений [1].

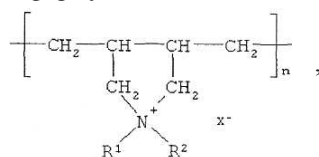
Применение радиоэкологических контрмер на загрязненных в результате чернобыльской катастрофы землях позволило существенно снизить поступление в сельскохозяйственную продукцию таких радионуклидов, как цезий и стронций. Однако, несмотря на то, что после

аварии на ЧАЭС прошло 30 лет, содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции по-прежнему превышает доаварийный уровень. Это обусловлено тем, что цезий-137 и стронций-90 являются долгоживущими радионуклидами, их периоды полураспада составляют 30 и 29,1 лет соответственно, они обладают высокой биологической подвижностью, так как являются химическими аналогами калия и кальция. Их миграция вглубь почвы происходит очень медленно, и поэтому в почвах сельскохозяйственного использования до сих пор основное количество этих радионуклидов находится в пахотном слое, на необрабатываемых землях – в верхней части гумусовых горизонтов. Это обуславливает дальнейший поиск новых, более эффективных как с радиологической, так и экономической точки зрения способов снижения поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию [2].

Главная проблема, с которой сталкивается сельхозпроизводитель на загрязненных радионуклидами территориях, заключается в том, что пока нет доступных средств, которые могли бы связать радионуклиды в почве, что позволило бы прервать их биологическую цепочку миграции в системе «почва – растение».

Поэтому нами была поставлена задача создания новых полимеров комплексного действия, которые позволяли бы не только снизить поступление радионуклидов из почвы в растения, но и повысить урожайность сельскохозяйственных культур путем положительного влияния на структуру минеральных почв и водопрочность почвенных агрегатов.

Поставленная задача была решена посредством разработки нового средства для восстановления почв, загрязненных радионуклидами, содержащего в своем составе поли-N,N-диалкил-3,4-диметилен-пирролидиний галогенид общей формулы



где R<sup>1</sup> и R<sup>2</sup> – независимо друг от друга линейный или разветвленный алкил с 1–6 атомами углерода; X – фтор, хлор, бром, йод или тетрафторборат (патент на изобретение RU 2560549).

Поли-N,N-диалкил-3,4-диметиленпирролидиний галогениды представляют собой новый класс водорастворимых электропроводящих многофункциональных полимеров, сочетающих в себе высокую по-

верхностную активность, комплексообразующую и флокулирующую способность, а также отличные биологические свойства в отношении микроорганизмов. Эти полимеры, близкие по строению и структуре к природным системам, способны осуществлять электронный и ионный перенос в молекуле, а также комплексообразующие и окислительно-восстановительные процессы. Поли-N,N-диалкил-3,4-диметиленпирролидиний галогениды способны быстро и на длительный срок связывать поллютанты в почве, улучшать агрофизические свойства почвы, повышать урожайность сельскохозяйственных культур, и при этом являются нетоксичными для растений, микрофлоры и фауны.

Средство может быть представлено в различных формах исполнения, таких как раствор, дисперсия, эмульсия, аэрозоль или порошковый препарат. Наиболее предпочтительной формой исполнения средства для восстановления загрязненных радионуклидами почв является водный раствор.

В одном из вариантов исполнения средство может включать дополнительные компоненты, сорбирующие прочие поллютанты, а также фунгицидного и бактерицидного действия. В состав средства для восстановления почв, загрязненных радионуклидами, могут входить также обычные для таких средств вспомогательные добавки, такие как поверхностно-активные вещества, средства, регулирующие pH, стабилизаторы, загустители, разбавители или антивспенивающие агенты.

Проведенные нами исследования показали, что обработка почвы новым полимером в дозах от 0,5 до 40,0 мг на 1 кг почвы оказывает положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. В полевом опыте максимальную прибавку урожая за два года обеспечил вариант с обработкой почвы полимером из расчета 10 мг полимера на 1 кг пахотного слоя почвы. В первый год урожайность зерна овса повысилась относительно контроля за счет обработки почвы полимером на 4,7–59,7 %, во второй год за счет его последствия урожайность горохо-овсяной зеленой массы повысилась на 6,5–18,7 % в зависимости от дозы полимера. При этом наблюдалось снижение параметров накопления радионуклидов возделываемыми культурами. Максимальная кратность снижения значений коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в растения ( $K_p$ ) в первый год составила для цезия-137 2,1 и стронция-90 1,8 раза, во второй – 3,8 и 2,8 раза соответственно. Снижение значений  $K_p$  цезия-137 и стронция-90 из почвы в растения было обусловлено как связыванием этих радионуклидов полимером, так и биологическим разбавлением [3].

Нами было установлено, что средство на основе поли-N,N-диалкил-3,4-диметиленпирролидиний галогенида является эффективным структурообразователем. Влияние средства на структуру почвы проявляется достаточно быстро – в течение первых суток, и далее, с течением времени, она не претерпевает существенных изменений. Значения коэффициентов структурности дерново-подзолистой суглинистой почвы за счет применения полимера увеличились на 10,8–35,1 %, дерново-подзолистой супесчаной – на 20,8–45,8 %, песчаной – на 3,7–37,8 %.

При этом водопрочность агрегатов дерново-подзолистой суглинистой почвы возросла на 4,0–32,8 %, супесчаной – на 0,8–11,4 % и песчаной – на 0,5–8,7 % [4].

Влажность почвы часто является решающим и непосредственным фактором для развития растений, не меньшее влияние она имеет и на микробиологическую деятельность почвы. Экспериментально установлено положительное влияние полимера на водные свойства почвы. Максимальное повышение капиллярной влагоемкости почвы за счет обработки новым полимером составляло для суглинистой почвы 3,2 %, супесчаной – 6,49 %. При этом испаряющая способность дерново-подзолистой супесчаной почвы при дозах полимера 5,0 и 10,0 мг/кг снизилась почти на 20 %.

Обработка почвы полимером оказывает влияние на формы нахождения радионуклидов в почве. Обработка дерново-подзолистой супесчаной почвы полимером снижала содержание водорастворимой (наиболее доступной для растений) формы цезия-137 в ней до пяти раз, стронция-90 – до двух раз. Дополнительное стабилизирующее действие на комплекс поли-N,N-диалкил-3,4-диметиленпирролидиний галогенида с поллютантами в почве может быть достигнуто за счет применения дополнительного компонента – так называемого «сшивателя», в качестве которого использовался водный раствор оксалата натрия  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Максимальная эффективность связывания цезия-137 в почве была достигнута при использовании десяти звеньев полимера на 1 моль «сшивателя» [5].

Таким образом, в результате выполнения проекта нами был создан новый многофункциональный полимер для обработки загрязненных радионуклидами почв, позволяющий снизить поступление радионуклидов из почвы в растения и повысить урожайность сельскохозяйственных культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахин, Р. М. Сельскохозяйственная радиоэкология: этапы эволюции и некоторые итоги / Р. М. Алексахин // *Вопр. радиац. безопас.* – 2007. – Спец. вып. – С. 4–12.

2. Агеец, В. Ю. Система агроэкологических контрмер в атмосфере Беларуси / В. Ю. Агеец. – Минск, 2001. – 103 с.

3. Цыганов, А. Р. Агроэкологическое обоснование применения нового полифункционального полимера на загрязненных радионуклидами землях / А. Р. Цыганов, Г. А. Чернуха // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2013. – № 1. – С. 73–77.

4. Цыганов, А. Р. Влияние нового полифункционального полимера на структуру дерново-подзолистой почвы / А. Р. Цыганов, Г. А. Чернуха // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 2. – С. 32–34.

5. Цыганов, А. Р. Применение нового полифункционального полимера для восстановления загрязненных почв / А. Р. Цыганов, Г. А. Чернуха // Докл. НАН Беларусі. – Т. 56, № 5. – С. 119–122.

УДК 004.65:631.153+631.95+504.054

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТЕРРИТОРИЯХ БЕЛАРУСИ**

А. Ф. ЧЕРНЫШ, канд. с.-х. наук, доцент,  
А. Н. ЧЕРВАНЬ, канд. с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии  
г. Минск, Республика Беларусь

Информационная поддержка сельскохозяйственного производства, мероприятий по повышению эффективности использования и охраны почвенно-земельных ресурсов на загрязненных радионуклидами территориях является неотъемлемой частью успешной реализации земельной политики в республике. Оптимальной формой интеграции картографической и аналитической информации в области сельского хозяйства являются базы пространственных данных, создание и эксплуатация которых обеспечивается геоинформационными технологиями.

Наличие в сельскохозяйственном использовании около 1 млн. га земель, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью 37 кБк/м<sup>2</sup> и выше, и около 350 тыс. га земель с плотностью загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  5,55 кБк/м<sup>2</sup> и выше требует реализации комплекса защитных мер, направленных на получение продукции, соответствующей санитарно-радиологическим нормам.

В Институте почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси сформирована геоинформационная база данных поч-