

Г.М. Пшиходский, кандидат технических наук

Могилевская областная сельскохозяйственная опытная станция

УДК 631.6(476.4)

## Адаптивная мелиорация радиоактивно загрязненных земель Могилевской области

*На основании результатов исследований разработаны теоретические основы адаптивной мелиорации сельскохозяйственных угодий при загрязнении почвы радионуклидами для безопасного проживания людей и получения нормативно-чистой продукции, пригодной для хозяйственного использования. Организация территории определяется агроэкологическими условиями территории земледелия и хозяйственной деятельностью, а также системой земледелия нового поколения на ландшафтной основе. Данный подход положен в основу выбора решения по реабилитации земель, который можно использовать при организации территории в странах СНГ, где имеет место радиоактивное загрязнение земель.*

*On the basis of the scientific research the theoretical grounds for the adaptive amelioration of the radionuclide contaminated soils aimed at safe living and getting safe agricultural products have been developed. Territory organizing is determined by agroecological conditions and types of business. Such understanding is the basis of the decision making for rehabilitating the lands. It may be used in territory organizing in the CIS contaminated regions.*

**И**ntenсивное загрязнение сельскохозяйственных угодий на большой территории после аварии на Чернобыльской АЭС привело к тому, что решение радиэкологических проблем в сельском хозяйстве стало одним из ведущих звеньев в комплексе мероприятий по ослаблению последствий этой аварии. Основной задачей является ограничение миграции выпавших радионуклидов и снижение ин-

тенсивности включения их в биологический круговорот, особенно на мелиорированных землях [1, 3, 7, 9, 10, 12, 13].

По состоянию на 1.01.2001 г. в республике сельскохозяйственное производство ведется на 1351,2 тыс. га земель, загрязненных цезием – 137 (Cs<sup>137</sup>) с плотностью более 1 Ки/км<sup>2</sup>. Угодья с плотностью загрязнения 1÷5 Ки/км<sup>2</sup> занимают 933,7 тыс. га, 5÷15 Ки/км<sup>2</sup> – 354,1 тыс. га, 15÷40 Ки/км<sup>2</sup>

– 61,5 тыс. га. Из этих земель 555,1 тыс. га загрязнено стронцием – 90 ( $Sr^{90}$ ) с плотностью более  $0,15 \text{ Ки/км}^2$ . Особую сложность представляет производство нормативно-чистой продукции на землях с содержанием  $Cs^{137}$  с плотностью  $5\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$ , площадь которых составляет 415,6 тыс. га, из них 35,7 тыс. га загрязнены и  $Sr^{90}$  с плотностью  $1\text{--}3 \text{ Ки/км}^2$ . Основные массивы загрязненных пахотных земель и луговых угодий сосредоточены в Гомельской (58 %) и Могилевской (27 %) областях [1, 3, 10, 12].

Положение осложняется тем, что пострадавшие районы находятся в зоне избыточного увлажнения и поэтому даже при полной консервации этих земель только за счет естественных осадков, водного режима почв и подземных вод происходит расширение локальных зон загрязнения и миграции радионуклидов [1, 3, 10, 12].

В связи с этим целесообразна, социологически, экономически и экологически оправдана адаптивная реабилитация загрязненных земель. А в этом плане наиболее действенным средством является мелиорация загрязненных территорий, направленная на локализацию процессов миграции радиоактивных веществ, что не только улучшит радиэкологическую ситуацию в регионе, но и снизит поступление радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию. В этой связи разработка новых технологий мелиорации, приспособленных для специфических условий загрязнения земель радиоактивными веществами, является актуальной и имеет большое практическое значение [1, 3, 4, 8, 15].

В условиях достаточности ресурсов основной целью мелиорации было получение на мелиоративных землях максимальных урожаев за счет кардинального изменения естественных неблагоприятных условий в необходимом для сельскохозяйственного производства направлении: оптимизация водного режима посредством создания все более технически современных осушительно-увлажнительных и оросительных систем (с максимальным быстродействием), улучшение пищевого режима с помощью внесения необходимых доз удобрений и т.д. В перспективе предусматривалось обеспечить автоматизированное управление комплексом факторов внешней среды растений (водным, воздушным, пищевым, тепловым). С этой целью осушение рассчитывалось на наиболее увлажненные условия в понижениях, с одновременной компенсацией вызываемого переосушения повышенных мест (с помощью орошения), широко практиковалась капитальная планировка земель [7].

Можно констатировать, что этап активной строительной мелиорации в Беларуси завершён. В настоящее время новое мелиоративное строительство уже практически прекращено. Основной задачей в ближайшей перспективе и до 2020 г. можно считать повышение эффективности использования мелиорированных земель, достижение высокой продуктивности мелиоративного земледелия и луговодства при минимальных издержках и удовлетворении экологических требований [7].

В соответствии с Государственной программой Республики Беларусь по ликвидации аварии на ЧАЭС к зоне первоочередного и последующего отселения отнесены территории, на которых среднегодовая эффективная эк-

Таблица 1. Радиоизотопный состав, выпавший на территории Могилевской области в результате аварии на ЧАЭС

| Радионуклид                    | 1988 г. (%) | 1989 г. (%) |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Цезий – 137 ( $Cs^{137}$ )     | 56          | 72          |
| Цезий – 134 ( $Cs^{134}$ )     | 14          | 14          |
| Церий – 144 ( $Ce^{144}$ )     | 7           | 4           |
| Празеодим – 144 ( $Pr^{144}$ ) | 7           | 4           |
| Рутений – 106 ( $Ru^{106}$ )   | 6           | 2,5         |
| Родий – 106 ( $Rh^{106}$ )     | 6           | 2,5         |
| Стронций – 90 ( $Sr^{90}$ )    | 2           | 0,5         |
| Итрий – 90 ( $Y^{90}$ )        | 2           | 0,5         |
| <b>Всего</b>                   | <b>100</b>  | <b>100</b>  |

вивалентная доза (ЭЭД) облучения человека может превысить  $5 \text{ мЗв}$  ( $0,5 \text{ бэр}$ ) в год [1, 3].

Предлагаем в кратком изложении наш производственный опыт по адаптивной мелиорации радиоактивно загрязненных земель Могилевской области в условиях дефицита ресурсов и удовлетворения экологических требований.

Изотопный состав радиоактивного загрязнения по состоянию на 1988–1989 гг. представлен в таблице 1 (в процентах от суммарной бета-активности) [10].

Выполненные агро-мелиоративные мероприятия в 1986–1988 гг. в Могилевской области на территории радиоактивного загрязнения представлены в таблице 2 [10, 14].

Основной проблемой в районах, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, является радиоактивное загрязнение молока. При выпасах скота на естественных пастбищах торфяных и супесчаных почв превышение предельно допустимого уровня содержания  $Cs^{137}$  в молоке имеет место не только в зоне жесткого контроля (свыше  $15 \text{ Ки/км}^2$ ), но и на других территориях при относительно низкой плотности загрязнения почв этим нуклидом (рис.).

На территориях с уровнем загрязнения до  $15 \text{ Ки/км}^2$  перезалужение естественных пастбищ и их окультуривание – основной путь для получения чистой продукции. Там же, где уровень радиоактивной загрязненности от  $15$  до  $40 \text{ Ки/км}^2$ , необходима адаптивная мелиорация агроландшафтов по нашей технологии [10, 12].

Для гарантированного получения доброкачественных продуктов животноводства в общественных хозяйствах осуществляется перепрофилирование сельскохозяйственного производства. Так, для получения “чистого” мяса в

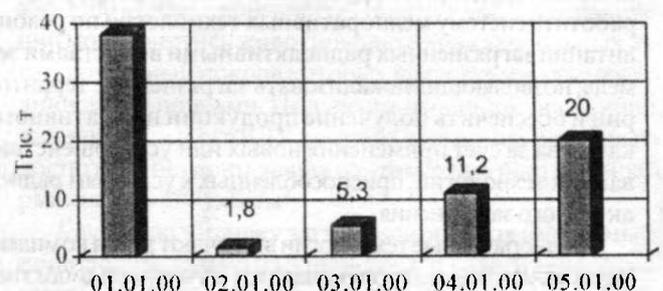


Рис. Производство молока с превышением допустимого уровня  $Cs^{137}$  (1988 г.)

Таблица 2. Объемы выполненных агромелиоративных мероприятий на загрязненной радионуклидами территории Могилевской области (1986-1988 гг.)

| Наименование мероприятий  | 1986-1988 гг. |       |     |
|---|---------------|-------|-----|
|   | задание       | факт  | %   |
| Известкование загрязненных почв повышенными дозами извести, тыс. га             | 115,6         | 115,6 | 100 |
| Внесение повышенных доз минеральных удобрений действующего вещества НРК, тыс. т | 76,3          | 66,4  | 85  |
| Внесение минеральных удобрений на приусадебных участках, тыс. т                 | 4,6           | 4,6   | 100 |
| Внесение цеолитов на приусадебных участках, тыс. т                              | 25,3          | 25,3  | 100 |
| Культуртехнологические работы на землях, не требующих осушения, тыс. га         | 24,7          | 31,7  | 128 |
| Осушение заболоченных земель, тыс. га   | 10,9          | 12,7  | 116 |
| Залужение и перезалужение кормовых угодий, тыс. га                              | 48,9          | 50,8  | 104 |
| Создание культурных пастбищ для коров личного сектора, тыс. га                  | 6,1           | 6,1   | 100 |
| Заглубление пахотного горизонта, тыс. га  | 50            | 50    | 100 |

колхозах и совхозах проведена межхозяйственная и внутрихозяйственная специализация по заключительному откорму КРС и свиней, определены специализированные хозяйства и фермы, где проводится заключительный откорм всех подлежащих продаже животных на чистых кормах, в рационы вводятся повышенные объемы комбикормов. Эта работа позволяет также уменьшить поступление на мясокомбинаты животных с уровнем загрязнения выше допустимых норм, что позволило сократить поступление молока и мяса с уровнем загрязнения выше допустимых норм (табл. 3) [1, 3, 10, 12, 14].

В результате проведения адаптивных мелиоративных мероприятий удалось снизить содержание радионуклидов у населения Могилевской области в 5÷20 раз [10, 12].

Суммарные дозы внешнего и внутреннего облучения не превышали установленных нормативов (табл. 4).

Проведенный анализ радиационной обстановки позволил сделать научный прогноз о том, что жители пострадавших районов Могилевской области на протяжении всей жизни (70 лет) не должны получить дозу облучения свыше установленной Минздравом СССР – 356 зр (табл. 5) [1, 10-15].

Как показали наши исследования на территории Краснопольского района Могилевской области, одного из наиболее пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, жизнедеятельность населения на загрязненных территориях связана со всей природной средой, поэтому заключение о пригодности территории для ведения хозяйственной деятельности и природопользования необходимо проводить после оценки доз облучения населения от различных источников [10, 12].

Анализ распределения и миграции радиоактивного стока по территории Могилевской области позволил разработать систему мелиоративных технологий по реабилитации загрязненных радиоактивными веществами земель, позволяющих локализовать загрязненные территории и обеспечить получение продукции нормативного качества за счет применения новых или усовершенствованных технологий, приспособленных к условиям радиоактивного загрязнения.

Мелиоративные технологии включают в себя комплексную мелиорацию агроландшафтов с учетом радиоактивного загрязнения, состоящую из агротехнического комплекса: осушения западин и понижений торфяных зале-

жей, как мест аккумуляции радионуклидов; трансформации мелкозалежных торфяников в квазиминеральные почвы; локальной инверсии литологических слоев с разрушением слабофильтрующих прослоек на землях с повышенной плотностью загрязнения, без которых получить "чистую" продукцию невозможно в условиях Могилевской области (табл. 6-8) [5, 6, 10-12].

Эффективность последствий комплекса мероприятий оценивалась в течение пяти лет (табл. 9). В первый год после проведения поверхностного улучшения лугов наблюдалось снижение поступления  $Cs^{137}$  в травостой в 1,2÷1,4 раза, а при коренном – в 1,8÷2,8 раза. В последующие годы эффективность действия мероприятий снижалась и через два года в вариантах с поверхностным улучшением эффект практически не наблюдался, а при коренном улучшении кратность снижения перехода  $Cs^{137}$  в луговую растительность по сравнению с контролем составила 1,5÷1,8 раза. Эффективность коренного улучшения через пять лет после проведения мероприятия снижалась в 1,1÷1,3 раза [10, 12].

В случае радиоактивного загрязнения окружающей среды луговые экосистемы, используемые в лугопастбищном кормопроизводстве, во многих случаях увеличивают дозу внутреннего облучения населения. В целом ряде ситуаций повышение является преобладающим, что делает эти экосистемы "критическими" в случае радиационных аварий. Специфические особенности луговых экосистем и их вклад в формирование доз внутреннего облучения населения необходимо учитывать при прогнозировании радиационной обстановки после аварии, а также при разработке стратегии ликвидации последствий аварий (табл. 10) [10, 12].

С учетом полученных данных по закономерностям миграции  $Cs^{137}$ , размерам его накопления в травостое на различных типах естественных лугов, а также эффективности традиционных приемов улучшения луговых угодий была разработана классификация лугов на основе уровня вмешательства при производстве молочной продукции на загрязненных кормовых угодьях. Классификация позволяет выделить наиболее критические звенья и районы при ведении сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения. К таким районам относятся территории, где в почвенном покрове велика

Таблица 3. Производство молока и мяса выше допустимого уровня загрязнения в Могилевской области в 1986-2002 гг. (по данным Минсельхозпрода Беларуси)

|                           | 1986 г.                 |      | 1987 г.                 |      | 1988 г.                 |      | 2000 г.                 |   | 2002 г.                 |   |
|---------------------------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|---|-------------------------|---|
|                           | выше допустимого уровня | %    | выше допустимого уровня | %    | выше допустимого уровня | %    | выше допустимого уровня | % | выше допустимого уровня | % |
| <i>Молоко, тыс. т</i>     |                         |      |                         |      |                         |      |                         |   |                         |   |
| Итого по зоне загрязнения | 53,8                    | 15,9 | 61,1                    | 16,5 | 38,3                    | 10,0 | -                       | - | -                       | - |
| Итого по области          | 58,8                    | 6,3  | 61,1                    | 7,8  | 38,3                    | 4,6  | -                       | - | -                       | - |
| <i>Мясо, тыс. т</i>       |                         |      |                         |      |                         |      |                         |   |                         |   |
| Итого по зоне загрязнения | 2284                    | 9,8  | 592                     | 2,1  | 175                     | 0,5  | -                       | - | -                       | - |
| Итого по области          | 2284                    | 2,2  | 625                     | 0,5  | 177                     | 0,1  | -                       | - | -                       | - |

Таблица 4. Дозы, полученные населением на территории Краснопольского района Могилевской области (1986-1989 гг.)

| Населенные пункты   | 1986 г. | 1987 г. | 1988 г. | 1989 г. | 1986-1989 гг. |
|---|---------|---------|---------|---------|---------------|
| Краснополье   | 0,5     | 0,3     | 0,3     | 0,2     | 1,3           |
| Населенные пункты с загрязнением 5-15 Ки/км <sup>2</sup>  | 0,3÷1,5 | 0,2÷1,0 | 0,2÷1,0 | 0,1÷0,7 | 1,0÷4,0       |
| Населенные пункты с загрязнением 15-40 Ки/км <sup>2</sup> | 1,5÷3,0 | 1,0÷1,5 | 0,7÷1,0 | 0,5÷1,0 | 3,5÷6,5       |
| Населенные пункты с загрязнением > 40 Ки/км <sup>2</sup>  | 3,0÷6,0 | 1,5÷3,0 | 1,0÷2,5 | 1,0÷2,0 | 6,5÷13,0      |
| Норматив, бэр   | 10      | 3       | 2,5     | 2,5     | 18,0          |

Таблица 5. Фактическая (1986÷1989 гг.) и прогнозируемая на 70 лет (1986÷2056 гг.) средняя доза внешнего (γ-гамма) и внутреннего (Cs<sup>137</sup>) облучения жителей Краснопольского района Могилевской области (по данным Лен НИИРГ)

| Cs <sup>137</sup> , Ки/км <sup>2</sup> | 1986-1989 гг., бэр | 1990 г., бэр | 2056 г., бэр | За 70* лет, бэр | За 70** лет, бэр |
|--|--------------------|--------------|--------------|-----------------|------------------|
| 5                                      | 1,5                | 1,5          | 3            | 6               | 4                |
| 15                                     | 3                  | 5            | 10           | 18              | 10-11            |
| 30                                     | 7                  | 10           | 20           | 37              | 21-24            |
| 40                                     | 9                  | 13           | 27           | 49              | 27-31            |
| 50                                     | 11                 | 16           | 33           | 60              | 33-36            |
| 60                                     | 13                 | 19           | 40           | 72              | 40-45            |
| 70                                     | 15                 | 22           | 46           | 88              | 46-52            |
| 80                                     | 18                 | 26           | 53           | 97              | 55-62            |

Примечание. \* – при использовании местных продуктов питания без мелиоративных мероприятий;

\*\* – мелиоративные мероприятия, чистое молоко, мясо и картофель [1, 10-15]

доля торфяных и торфяно-болотных почв. Использование болотных лугов на этих типах почв для производства молока возможно при плотности загрязнения не более 37 кБк/м<sup>2</sup>, а низинных и пойменных – менее 185 кБк/м<sup>2</sup>, для суходольных лугов на минеральных почвах с легким и средним механическим составом – менее 550-600 кБк/м<sup>2</sup>. Однако проведение защитных мероприятий позволяет производить "чистое" молоко при 185 кБк/м<sup>2</sup> в случае применения поверхностного улучшения на болотных лугах и 370-440 кБк/м<sup>2</sup> – при коренном улучшении. Для пойменных и низинных луговых угодий эти значения варьируют от 440-550 кБк/м<sup>2</sup> для поверхностного улучшения до

880-1100 кБк/м<sup>2</sup> – коренного. Практически без ограничений может вестись животноводство на суходольных лугах, почвенный покров которых представлен тяжелосуглинными почвами. Получение молочной продукции, загрязненной ниже ВДУ, на лугах этого типа может быть достигнуто без применения контрмер при плотности загрязнения до 3700 кБк/м<sup>2</sup>.

Глубокую запашку загрязненного слоя имеет смысл производить только на площадях, где содержание радионуклидов в растительной продукции превышает допустимый уровень примерно в 1,5-2,0 раза (табл. 11, 12) [2, 3, 4, 10, 12].

Таблица 6. Накопление радиоактивных веществ травостоем мелиорированных земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота

| Фитоценозы                       | Содержание $Cs^{137}$       |                     | Содержание $Sr^{90}$        |                     |
|----------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------|
|                                  | в почве, кБк/м <sup>2</sup> | в травостое, кБк/кг | в почве, кБк/м <sup>2</sup> | в травостое, кБк/кг |
| <i>Дерново-подзолистые почвы</i> |                             |                     |                             |                     |
| Злаки                            | 280,1                       | 171±35              | 17,5                        | 170±10              |
| Злаки                            | 812,1                       | 130±31              | 21,0                        | 690±180             |
| Разнотравье                      | 812,1                       | 92±21               | 21,0                        | 1210±551            |
| <i>Торфяно-болотные почвы</i>    |                             |                     |                             |                     |
| Злаки                            | 95,1                        | 1480±381            | 19,5                        | 204±14              |
| Злаки                            | 502,1                       | 2806±991            | 19,5                        | 217±16              |
| Разнотравье                      | 1881,2                      | 41416±71            | 19,5                        | 381±173             |

Таблица 7. Изменение степени разложения, зольности, средней плотности и коэффициента фильтрации торфяных почв Беларуси во времени

| Свойства торфяных почв               | Неосушенное болото | Давность осушения в годах |          |           |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------|-----------|
|                                      |                    | 5-7                       | 25-30    | 75-80     |
| Степень разложения, %                | 25 и менее         | 30-35                     | 35-40    | 45-50     |
| Зольность, %                         | 4,2-7,1            | 8,2-9,3                   | 9,5-10,2 | 10,4-12,0 |
| Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> | 90-130             | 150-170                   | 180-210  | 200-260   |
| Коэффициент фильтрации, м/сут        | 0,1-0,7            | 0,3-1,8                   | 0,3-3,2  | 6,1-14,3  |

Таблица 8. Содержание  $Cs^{137}$  в послеаварийный период в некоторой сельскохозяйственной продукции Могилевского АПК (2000 г.)

| Сельскохозяйственная продукция | $Cs^{137}$ , Бк/л. кг | Кратность увеличения к 1985 г., раз |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Зерно                          | 10-86                 | 33-300                              |
| Картофель                      | 10-66                 | 70-440                              |
| Сено                           | 1300-3281             | 300-730                             |
| Молоко                         | 50-690                | 250-3450                            |
| Мясо                           | 300-1200              | 811-3243                            |

Таблица 9. Последствие мероприятий на суходольном лугу д. Новоеल्या Краснопольского района Могилевской области (1986-1991 гг.)

| Вариант  | Кратность снижения |         |         |         |         |
|--|--------------------|---------|---------|---------|---------|
|  | 1-й год            | 2-й год | 3-й год | 4-й год | 5-й год |
| Удален слой 0-5 см. Засыпан «чистый» слой + $N_{180}P_{180}K_{180}$        | 14,6               | 13,9    | 7,9     | 8,5     | 9,3     |
| Перемещение дернины на глубину 10 см + $N_{180}P_{180}K_{180}$             | 1,4                | 1,2     | 1,3     | 1,9     | 1,7     |
| Фрезерование + $CaCO_3$ (2Нг) + $N_{180}P_{180}K_{180}$                    | 1,4                | 1,1     | 1,2     | 1,2     | 1,1     |
| Фрезерование + $CaCO_3$ (2Нг) + $N_{180}P_{180}K_{180}$ + цеолит (10 т/га) | 1,2                | 1,1     | 1,1     | 1,3     | 1,0     |
| Вспашка с оборотом пласта + $CaCO_3$ (2Нг) + $N_{180}P_{180}K_{180}$       | 2,8                | 2,1     | 1,8     | 1,9     | 2,1     |

Таблица 10. Эффективность мелиоративных приемов на низинных лугах в Краснопольском районе Могилевской области (1986-1991 гг.)

| Название почвы      |                           |                    | Варианты мелиоративных приемов  | Кратность снижения КП |           |
|---------------------|---------------------------|--------------------|---|-----------------------|-----------|
| тип                 | гранулометрический состав | степень увлажнения |   | $Cs^{137}$            | $Sr^{90}$ |
| дерново-подзолистые | супесчаные                | глееватые          | Осушение (УГВ от 0,5 до 1,5 м)  | 2,34-4,1              | 2,0-4,0   |
| торфяно-болотные    | торфяные                  | глеевые            | Осушение + вспашка + $N_{90}P_{90}K_{120}$  | 12,9-14,7             | 2,6-4,6   |
|                     |                           |                    | Осушение + вспашка + $N_{90}P_{90}K_{120}$ + $CaCO_3$                               | 13,7-15,5             | 3,4-5,4   |
|                     |                           |                    | Осушение + специальная двухъярусная вспашка с фрезерованием + $N_{90}P_{90}K_{120}$ | 30,6-32,4             | 28,4-30,4 |
|                     |                           |                    | Осушение + специальная двухъярусная вспашка + $N_{90}P_{90}K_{120}$ + $CaCO_3$      | 31,4-33,2             | 29,4-31,4 |

Таблица 11. Эффективность систем обработки почв, загрязненных радионуклидами ( $Cs^{137} - 5 \div 15 \text{ Ки/км}^2$ )

| Культуры севооборотов                  | Удельный вес, % | Системы почвообработки   |                            | Затраты ресурсов на структурный гектар |               |                |                |               |                | Приведенные затраты, у.е./га |       |
|--|-----------------|--------------------------|----------------------------|--|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|------------------------------|-------|
|  |                 | отвальная (традиционная) | минимально-ярусная (новая) | традиционная                           |               |                | новая          |               |                | традиционная                 | новая |
|  |                 |                          |                            | труд, чел-ч/га                         | металл, кг/га | топливо, кг/га | труд, чел-ч/га | металл, кг/га | топливо, кг/га |                              |       |
| 1. Озимая рожь + однолетние (поукосно) | 12,5            | $V_{20}+П+V_{20}+П$      | $2Ч_{14}+2Д_{12}+П$        | 0,284                                  | 7,29          | 1,175          | 0,143          | 3,28          | 0,662          | 9,62                         | 5,19  |
| 2. Озимая рожь на зерно                | 12,5            | $Л_5+V_{20}+K_8+П$       | $Л_5+V_{27}+K_8+П$         | 0,210                                  | 5,06          | 0,787          | 0,245          | 5,95          | 0,924          | 6,63                         | 7,82  |
| 3. Картофель, корнеплоды               | 12,5            | $V_{20}+K_8+П$           | $2Ч_{14}+K_8+П$            | 0,177                                  | 4,37          | 0,690          | 0,126          | 2,68          | 0,503          | 5,75                         | 4,12  |
| 4. Ячмень                              | 12,5            | $Л_5+V_{20}+П$           | $2Ч_{14}+П$                | 0,175                                  | 4,34          | 0,684          | 0,090          | 1,96          | 0,400          | 5,69                         | 3,18  |
| 5. Клеверо-злаковая смесь II года      | 25,0            | $Д_6+V_{20}+2П_n+K_8+П$  | $Д_6+V_{27}+K_8+П$         | 0,280                                  | 6,49          | 1,066          | 0,243          | 5,92          | 0,990          | 8,83                         | 8,14  |
| 6. Лен                                 | 12,5            | $Л_8+V_{20}+2П_n+K_8+П$  | $Ч_{35}+K_8+П$             | 0,282                                  | 6,51          | 1,000          | 0,161          | 3,96          | 0,616          | 8,51                         | 4,21  |
| 7. Кукуруза                            | 12,5            | $Д_{10}+V_{20}+П$        | $Д_{10}+V_{20}+П$          | 0,168                                  | 4,30          | 0,725          | 0,168          | 4,30          | 0,725          | 5,81                         | 5,81  |
| Всего затрат                           |                 |                          |                            | 1,576                                  | 38,36         | 6,127          | 1,176          | 28,05         | 4,820          | 50,82                        | 39,46 |
| Экономия затрат                        |                 |                          |                            |  |               |                | 0,4            | 10,31         | 1,307          |                              | 11,37 |

Примечание.  $V_{20}$  – вспашка (20-25 см);  $V_{27}$  – ярусная вспашка (27-35 см);  $Л_5$  – лущение стерни (5-8 см);  $К_8$  – культивация зяби (8-10 см);  $П_n$  – полупаровая обработка (2 следа, 8-10 см);  $Д_6$  – дискование залежи (разделка пласта, 6-8 см);  $Д_{10}$  – дискование стерни (10-12 см);  $Д_{12}$  – дискование (2 следа, 12-14 см);  $Ч_{14}$  – чизелевание (2 следа, 14-16 см);  $Ч_{35}$  – чизелевание (35-40 см);  $П$  – предпосевная обработка

Таблица 12. Эффективность систем обработки почв, загрязненных радионуклидами ( $Cs^{137} - 15 \div 40 \text{ Ки/км}^2$ )

| Культуры севооборотов                | Удельный вес, % | Системы почвообработки   |                            | Затраты ресурсов на структурный гектар |               |                |                |               |                | Приведенные затраты, у.е./га |       |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|--|---------------|----------------|----------------|---------------|----------------|------------------------------|-------|
|                                      |                 | отвальная (традиционная) | минимально-ярусная (новая) | традиционная                           |               |                | новая          |               |                | традиционная                 | новая |
|                                      |                 |                          |                            | труд, чел-ч/га                         | металл, кг/га | топливо, кг/га | труд, чел-ч/га | металл, кг/га | топливо, кг/га |                              |       |
| 1. Озимая рожь на зерно              | 14,3            | $Л_5+V_{20}+П_n+K_8+П$   | $Л_5+Ч_{35}+K_8+П$         | 0,322                                  | 7,45          | 1,143          | 0,222          | 5,32          | 0,843          | 9,73                         | 6,94  |
| 2. Кукуруза                          | 14,3            | $Д_{10}+V_{20}+K_8+П$    | $Д_{10}+V_{20}+K_8+П$      | 0,233                                  | 5,75          | 0,947          | 0,233          | 5,75          | 0,947          | 7,72                         | 7,72  |
| 3. Ячмень                            | 14,3            | $Л_5+V_{20}+П$           | $2Ч_{14}+П$                | 0,200                                  | 4,96          | 0,782          | 0,103          | 2,24          | 0,458          | 6,51                         | 3,64  |
| 4. Многолетние злаковые травы I года | 28,5            |                          |                            |  |               |                |                |               |                |                              |       |
| II года                              |                 | $Д_6+V_{20}+2П_n+K_8+П$  | $Д_6+V_{27}+K_8+П$         | 0,320                                  | 7,42          | 1,219          | 0,278          | 6,78          | 1,133          | 10,1                         | 9,31  |
| 5. Лен                               | 14,3            | $Д_{10}+V_{20}+K_8+П$    | $Д_{10}+V_{20}+K_8+П$      | 0,233                                  | 5,75          | 0,947          | 0,233          | 5,75          | 0,947          | 7,72                         | 7,72  |
| 6. Ячмень                            | 14,3            | $Л_5+V_{20}+П$           | $2Ч_{14}+П$                | 0,200                                  | 4,96          | 0,782          | 0,103          | 2,24          | 0,458          | 6,5                          | 3,64  |
| Всего затрат                         |                 |                          |                            | 1,508                                  | 36,29         | 5,820          | 1,172          | 28,08         | 4,758          | 48,28                        | 38,96 |
| Экономия затрат                      |                 |                          |                            |  |               |                | 0,336          | 8,21          | 1,062          |                              | 9,32  |

Примечание.  $V_{20}$  – вспашка (20-25 см);  $V_{27}$  – ярусная вспашка (27-35 см);  $Л_5$  – лущение стерни (5-8 см);  $К_8$  – культивация зяби (8-10 см);  $П_n$  – полупаровая обработка (2 следа, 8-10 см);  $Д_6$  – дискование залежи (разделка пласта, 6-8 см);  $Д_{10}$  – дискование стерни (10-12 см);  $Д_{12}$  – дискование (2 следа, 12-14 см);  $Ч_{14}$  – чизелевание (2 следа, 14-16 см);  $Ч_{35}$  – чизелевание (35-40 см);  $П$  – предпосевная обработка

**Литература**

1. Агеев В.Ю. Система радиэкологических контрмер в агрофере Беларуси. – Гомель, 2001. – 259 с.
2. Белковский В.И. Улучшение свойств торфяных почв. – Минск: Ураджай, 1982. – 119 с.
3. Казакевич П.П. Улучшение агроэкологических свойств почв на основе разработки специальных отвальных плугов: Дис... д-ра техн. наук: 05.20.01 / ГП БелНИИМСХ. – Минск, 1998. – 280 с.
4. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. – Курск, Тверь: ЧуДо, 2001. – 260 с.
5. Мурашко А.И., Щербаков Г.А., Новиков А.А., Пшиходский Г.М. Рекомендации по определению расчетных значений коэффициента фильтрации торфяных залежей с учетом плановой неоднородности. БелНИИМнВХ. – Минск / Минводхоз СССР, 1980. – 14 с.
6. Мурашко А.И., Пшиходский Г.М. Расчет расстояний между элементами регулирующей сети при наличии слабо-фильтрующих прослоек в верхних горизонтах и при глубокой запашке маломощных торфяников. – Москва: Агропромиздат, 1985. – С. 156-164.
7. Мясникович М.В., Гусаков В.Г., Лиштван И.И., Лихачевич А.П. Научно-аналитический доклад “Стратегия эколого-безопасной реконструкции мелиоративных систем и повышения продуктивности мелиорированных земель Полесья: государственная проблема и предложения по ее решению // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2002. – № 4. – С. 3-9.
8. Пшиходский Г.М. Осушение западин и понижений торфяных залежей методом инверсии литологических пластов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 6. – С. 2-8.
9. Пшиходский Г.М. Аспекты технологии мелиорации органогенных почв после чернобыльской катастрофы // Мелиорация и водное хозяйство. – 1996. – № 2. – С. 26-28.
10. Пшиходский Г.М. Экологические и мелиоративные проблемы после аварии на Чернобыльской АЭС: опыт Могилевской области. – Минск: Ураджай, 1998. – 118 с.
11. Пшиходский Г.М., Подлужный Г.И. Пути снижения поступления радионуклидов в клубни картофеля // Новости науки, техники и практики АПК: Серия 3. Агроэкология. – 1999. – Вып. 1. – С. 23-24.
12. Пшиходский Г.М. Технологические основы мелиорации ландшафтов, загрязненных радиоактивными веществами. – Горки: КПК и ПК облсельхозпрода, 2000. – 308 с.
13. Пшиходский Г.М. Человек, экология, мелиорация, радиация: проблемы мелиоративной науки и практики в Могилевской области // Современные проблемы сельскохозяйственной мелиорации: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию мелиоративной науки Республики Беларусь и 70-летию создания Белорусского НИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 2001. – С. 82-86.
14. Пшиходский Г.М., Подлужный Г.И., Ширко П.А. Пути снижения поступления радионуклидов в трофической цепи почва-корм-животные // IV съезд по радиационным исследованиям (радиобиология, радиоэкология, радиационная безопасность). – Москва. – 2001. – Т. II. – С. 705.
15. Пшиходский Г.М., Ширко П.А., Разуванов В.А., Радько М.М. Научные основы производства льнопродукции в условиях радиоактивного загрязнения Могилевской области // Научные основы производства льнопродукции в Могилевской области / Под общ. ред. Г.М. Пшиходского. – Горки: Могилев. обл. центр консультирования и аграрн. реформы, 2002. – С. 89-108.
16. Степановских А.С. Прикладная экология: охрана окружающей среды. – Москва: ЮНИТИ – ДАНА, 2003. – 751 с.