

# Земледелие и Защита растений

Наука - производству

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ  
И ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ  
УДОБРЕНИЙ



Приложение  
к журналу № 2, 2018



200 г/кг ацетамиприда



**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСЕКТИЦИД, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С ВРЕДИТЕЛЯМИ ОТРЯДОВ ЖЕСТКОКРЫЛЫХ, ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ, РАВНОКРЫЛЫХ В ПОСЕВАХ КАРТОФЕЛЯ, РАПСА И ОГУРЦА**

- ▶ Обладает системным и контактным действием и способен распространяться по растению. Защищает культуру и в необработанных участках
- ▶ Благодаря новому механизму действия у вредных объектов к нему не возникает устойчивость
- ▶ Сохраняет высокую биологическую эффективность при повышенных температурах
- ▶ Не обладает фитотоксичностью
- ▶ Период защитного действия препарата – до 24 дней
- ▶ Малотоксичен для теплокровных, класс опасности – 3



## Терапевт Про

125 г/л крезоксим-метила  
+ 125 г/л эпоксиконазола  
+ 80 г/л дифеноконазола



**КОМПЛЕКСНЫЙ СИСТЕМНЫЙ ФУНГИЦИД ПРОФИЛАКТИЧЕСКОГО И ЛЕЧЕБНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, САХАРНОЙ СВЕКЛЫ И ОГУРЦА**

- ▶ Широкий спектр контролируемых возбудителей болезней зерновых культур и сахарной свеклы
- ▶ Гарантированно обеспечивает высокую и надежную фунгицидную защиту благодаря содержанию трех компонентов из двух химических классов
- ▶ Обладает иммуностимулирующим и лечебным действием с выраженным «Стоп-эффектом»
- ▶ Идеально подходит для профилактических обработок
- ▶ Уменьшает влияние на культуру стрессовых факторов



## Статус Гранд

500 г/кг трибенурон-метила  
+ 104 г/кг флорасулама

**ВЫСОКОСЕЛЕКТИВНЫЙ СИСТЕМНЫЙ ПОСЛЕВСХОДОВЫЙ ГЕРБИЦИД ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ОТ ДВУДОЛЬНЫХ СОРНЯКОВ**

- ▶ Является эталоном эффективности в борьбе с подмаренником цепким, обеспечивая контроль сорняка на стадиях выше 5 мутовок.
- ▶ В максимальных нормах расхода обеспечивает высокую эффективность на переросшие чувствительные сорняки при применении в фазу трубкования культуры.
- ▶ Обладает сильным гербицидным действием на сорняки, устойчивые к гербицидам из класса сульфонилмочевин.
- ▶ Можно без опасений вносить холодной весной, поскольку, в отличие от гормональных гербицидов препарат не вызывает токсичности.
- ▶ Быстро разлагается в почве, поэтому не существует ограничений в отношении последующих культур при обычной ротации в севообороте.

## Биотон, ВК

200 г/л полиэфиртрисилоксана  
в ионной жидкости



**СИЛИКОНОВЫЙ АДЬЮВАНТ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВМЕСТНО С ГЕРБИЦИДАМИ, ФУНГИЦИДАМИ И ИНСЕКТИЦИДАМИ**

- ▶ Снижает поверхностное натяжение рабочего раствора
- ▶ Улучшает увлажнение поверхности листьев
- ▶ Повышает смачивающую способность рабочего раствора
- ▶ Увеличивает эффективность действия пестицидов
- ▶ Снижает расход препаратов и рабочего раствора
- ▶ Уменьшает негативное влияние погодных условий на эффективность препаратов (осадков, экстремально высоких температур)
- ▶ Увеличивает системность гербицидов, фунгицидов и инсектицидов
- ▶ Позволяет рабочему раствору проникать через слой воскового налета на листьях растения
- ▶ Соответствует принципам «зеленой химии»



## Глобал

40 г/л имазамокса



**ГЕРБИЦИД ДЛЯ БОРЬБЫ С ОДНОЛЕТНИМИ И МНОГОЛЕТНИМИ ДВУДОЛЬНЫМИ И ЗЛАКОВЫМИ СОРНЯКАМИ В ПОСЕВАХ РАПСА, УСТОЙЧИВОГО К ИМИДАЗОЛИНАМ, И БОБОВЫХ КУЛЬТУР**

- ▶ Максимально широкий спектр уничтожения злаковых и двудольных сорняков.
- ▶ Новый стандарт защиты ИМИ-рапса.
- ▶ Большой эффект – меньше последствий.
- ▶ Обладает как контактным, так и почвенным действием.
- ▶ Высокая избирательность по отношению к культурным растениям.
- ▶ Воздействует на ферменты, имеющиеся только у растений, а поэтому практически безвреден для животных и человека.
- ▶ Совместим в баковых смесях с инсектицидами, фунгицидами, регуляторами роста и микроудобрениями.



## Корлеоне

420 г/л дикамбы  
+ 80 г/л никосульфурона



**УНИКАЛЬНЫЙ ПОСЛЕВСХОДОВОЙ ГЕРБИЦИД ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОДНОЛЕТНИХ И МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ И ДВУДОЛЬНЫХ СОРНЯКОВ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ**

- ▶ Действие дикамбы и никосульфурона обеспечивает эффективное уничтожение широкого спектра злаковых и двудольных сорняков, в т. ч. устойчивых к 2,4-Д, триазинам и МЦПА.
- ▶ Уничтожает падалицу предшествующих культур, в т. ч. подсолнечника и рапса, устойчивых к имидазолинам и сульфонилмочевинам.
- ▶ Высокая избирательность по отношению к культурным растениям.
- ▶ Отсутствуют ограничения по севообороту на последующие культуры за счет быстрого разложения в почве.
- ▶ Воздействует на ферменты, имеющиеся только у растений, а поэтому практически безвреден для животных и человека.

## ПРЕФЕКТ

500 г/кг римсульфурана



**ГЕРБИЦИД ДЛЯ БОРЬБЫ С ОДНОЛЕТНИМИ И МНОГОЛЕТНИМИ ДВУДОЛЬНЫМИ И ЗЛАКОВЫМИ СОРНЯКАМИ В ПОСЕВАХ КУКУРУЗЫ И КАРТОФЕЛЯ**

- ▶ Широкий спектр уничтожения злаковых и двудольных сорняков.
- ▶ Высококонцентрированная формуляция – низкие нормы внесения.
- ▶ Отсутствие последствий.
- ▶ Избирательность по отношению к культурным растениям.
- ▶ Совместим в баковых смесях с инсектицидами, фунгицидами, регуляторами роста и микроудобрениями.

## Галактион, КЭ

104 г/л галоксифоп-Р-метила



**СИСТЕМНЫЙ ПРОТИВОЗЛАКОВЫЙ ГЕРБИЦИД**

- ▶ Уничтожает однолетние и многолетние злаковые сорняки
- ▶ Обладает системным действием, быстро поглощается листьями сорняков и переносится к их точкам роста, корням и корневищам.
- ▶ Селективен по отношению к широколиственным культурам.
- ▶ Обеспечивает высочайшую эффективность при малых нормах расхода
- ▶ Может применяться в баковых смесях с гербицидами, предназначенными для борьбы с широколиственными сорняками, и с инсектицидами

CROP PROTECTION  
**Zemlyakoff**

**НОВИНКА**



**Скайвэй®**  
Xpro

# ИДЕАЛЬНАЯ ФОРМУЛА ВЫСОКИХ УРОЖАЕВ!

- Новый стандарт для защиты колоса
- Новый стандарт в защите от засухи
- Эффективное длительное защитное действие
- Уникальная дождестойкость

# Земледелие и Защита растений

Научно-практический журнал

Приложение к журналу № 2 (117)  
март-апрель 2018 г.

## ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ И ЭФФЕКТИВНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ



### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ф. И. Привалов, член-корреспондент НАН Беларуси

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. В. Лапа, академик НАН Беларуси;

В. Н. Шлапунов, академик НАН Беларуси;

Н. Ю. Жабровская, кандидат с.-х. наук;

Т. М. Булавина, доктор с.-х. наук;

Л. В. Сорочинский, доктор с.-х. наук

Ответственный за выпуск: Н. Ю. Жабровская



## СОДЕРЖАНИЕ

|   |  |   |    |
|---|--|---|----|
|    | Лапа В. В.   | Плодородие почв – основа устойчивого развития аграрной отрасли Республики Беларусь  | 3  |
|    | Лапа В. В.,<br>Азаренок Т. Н.,<br>Матыченков Д. В.,<br>Шульгина С. В.,<br>Шибут Л. И.,<br>Матыченкова О. В.    | Почвенно-информационные системы в агропочвоведении  | 9  |
|    | Лапа В. В.,<br>Шибут Л. И.,<br>Азаренок Т. Н.  | Оценка сельскохозяйственных земель Беларуси на современном этапе  | 13 |
|    | Шульгина С. В.,<br>Азаренок Т. Н.,<br>Матыченков Д. В.,<br>Матыченкова О. В.,<br>Шибут Л. И.                   | О подходе к разработке экологической оценки степени трансформации почв естественных и сельскохозяйственных земель Республики Беларусь | 17 |
|    | Цыбулько Н. Н.,<br>Устинова А. М.,<br>Червань А. Н.,<br>Касьяненко И. И.,<br>Романенко С. С.,<br>Цырибко В. Б. | Эрозионная деградация почв Беларуси   | 19 |
|    | Лапа В. В.,<br>Богдевич И. М.,<br>Пироговская Г. В.  | Известкование кислых почв в комплексе мероприятий по сохранению и повышению их плодородия   | 26 |
|    | Мезенцева Е. Г.,<br>Кулеш О. Г.,<br>Симанков О. В.,<br>Шедова О. А.  | Оценка систем удобрения культур звена севооборота на высококультурной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве                      | 30 |
|  | Семененко Н. Н.,<br>Мезенцева Е. Г.,<br>Кулеш О. Г.  | Система применения удобрений под зерновые культуры на дерново-подзолистых почвах в современных условиях                               | 33 |
|  | Серая Т. М.,<br>Богатырева Е. Н.,<br>Жабровская Н. Ю.,<br>Кирдун Т. М.   | Органические удобрения и баланс гумуса в почвах Республики Беларусь   | 40 |
|  | Пироговская Г. В.,<br>Хмелевский С. С.,<br>Сороко В. И.,<br>Исаева О. И.                                       | Новые формы минеральных удобрений для сельскохозяйственных культур: разработка, освоение и применение                                 | 47 |
|  | Рак М. В.  | Жидкие комплексные микроудобрения МикроСтим в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур                                   | 53 |
|  | Богдевич И. М.,<br>Путятин Ю. В.   | Минимизация перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию на землях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС  | 56 |
|  | Серая Т. М.,<br>Богатырева Е. Н.,<br>Беляевская Ю. А.  | Органическое земледелие – особенности, основные требования и экономические аспекты  | 65 |
|  | Михайловская Н. А.,<br>Барашенко Т. Б.,<br>Дюсова С. В.  | Эффективность Азобактерина на многолетних злаковых травах и льне-долгунце   | 74 |
|  | Земляков А. А.,<br>Кобзев И. А.  | Zemlyakoff в Беларуси: сегодня и завтра   | 77 |



**ИЗДАТЕЛЬ:** ООО «Земледелие и защита растений»

**РЕДАКЦИЯ:** А. П. Будревич, М. И. Жукова, М. А. Старостина, С. И. Ярчаковская. Верстка: Г. Н. Потеева

**Адрес редакции:** Республика Беларусь, 223011, Минский район, аг. Прилуки, ул. Мира, 2

Тел./факс: (017) 509-24-89.

E-mail: ahova\_raslin@tut.by

Журнал зарегистрирован Министерством информации Республики Беларусь 08.02.2010 (07.12.2012 перерегистрирован) в Государственном реестре средств массовой информации за № 1249

Редакция не всегда разделяет точку зрения авторов публикуемых материалов; за достоверность данных, представленных в них, редакция ответственности не несет. При перепечатке ссылка обязательна.

Подписано в печать 22.03.2018 г. Формат 60x84/8. Бумага офсетная Тираж 1550 экз. Заказ № \_\_\_\_\_. Цена свободная.

Отпечатано в типографии «Аквадель Принт» ООО «Промкомплекс». Ул. Радиальная, 40-202, 220070, Минск.

ЛП 02330/78 от 03.03.2014 до 29.03.2019. Свидетельство о ГРИИРПИ № 2/16 от 21.11.2013 г.

УДК 631.8:631.452

# ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ – ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ АГРАРНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*В. В. Лапа, доктор с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии*

Почвенные ресурсы являются основой сельскохозяйственного производства любой страны. Современное высокоинтенсивное ведение сельского хозяйства возможно только на почвах с высоким уровнем плодородия, поэтому эффективное использование и сохранение плодородия относятся к числу важнейших государственных задач, стоящих перед почвенно-агрохимической наукой и аграрной отраслью. В системе рационального использования почв важное значение имеет постоянный мониторинг за состоянием плодородия почв, который является основой для разработки комплекса мероприятий по его сохранению и повышению.

Мониторинг плодородия почв и научно-методическое руководство за проведением крупномасштабного агрохимического обследования почв в Республике Беларусь осуществляет Институт почвоведения и агрохимии уже на протяжении 37 лет. С 1980 г. информация о состоянии агрохимических свойств почв накапливается в банке данных агрохимических свойств почв Республики Беларусь, актуализируется в соответствии с очередными турами обследования, обобщается и издается в виде справочных пособий для всех руководящих органов и специалистов Агрохимической службы страны. На основании данных по агрохимической характеристике почв в республике для всех хозяйств опре-

деляется потребность в минеральных удобрениях, разрабатываются планы применения удобрений под планируемую урожайность сельскохозяйственных культур, разрабатывается проектно-сметная документация на известкование кислых почв. Одновременно институт осуществляет научно-методическое руководство за почвенным обследованием и качественной оценкой почв.

Эффективное использование почвенных ресурсов, сохранение их плодородия относятся к числу важнейших государственных задач, стоящих перед аграрной отраслью.

В структуре сельскохозяйственных земель страны преобладают дерново-подзолистые почвы, которые по своей природе имеют кислую реакцию и низкую обеспеченность элементами питания.

Наиболее важным показателем качества земель является кадастровый балл плодородия, в среднем для пахотных почв он составляет 31,2 баллов, луговых и пастбищ улучшенных – 26,8 баллов (таблица 1).

Из общего количества пахотных почв 23,9 % имеют кадастровую оценку менее 25 баллов и относятся к низкоплодородным (таблица 2). Возможная продуктивность, которую можно получить с 1 га пахотных почв за счет плодородия без применения удобрений – 15,6 ц/га зерна, а хозяйства республики в последние годы ста-



**В. В. Лапа,**  
директор института,  
академик НАН Беларуси

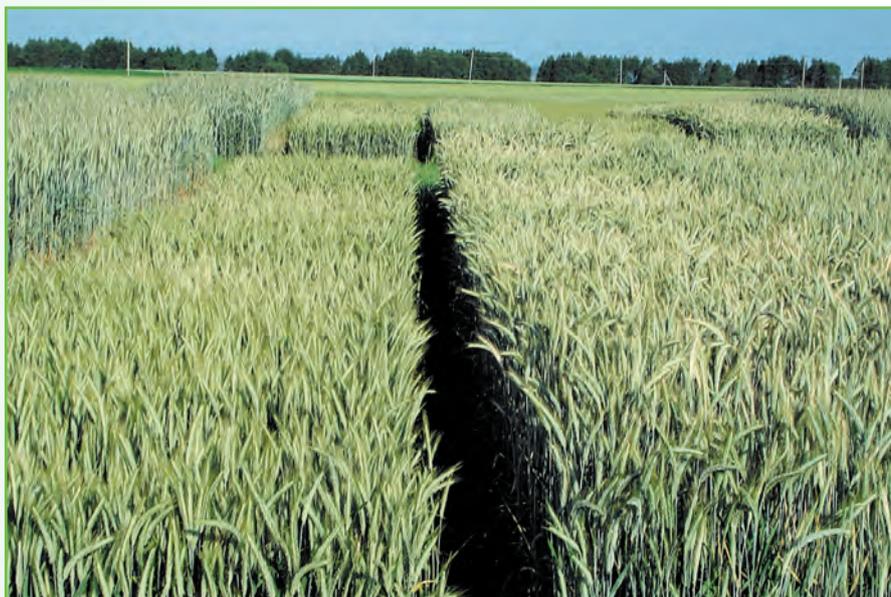
бильно получают вдвое больше. Поэтому фактором формирования урожайности для наших почв является эффективное использование земель, которое включает оценку пригодности почв для возделывания различных сельскохозяйственных культур, на основе которой разрабатывается оптимальная структура посевных площадей и оптимизация агрохимических и агрофизических свойств почв. При таком подходе кроме эффективного использования почвенных ресурсов обеспечивается защита их от деградаций и высокая окупаемость применяемых средств химизации.

## Состояние агрохимических показателей плодородия почв

Основными агрохимическими показателями, определяющими со-

Таблица 1 – Кадастровая оценка плодородия почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (в баллах)

| Область         | Виды земель                     |             |                       |                         |
|-----------------|---------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|
|                 | сельскохозяйственные<br>(всего) | в том числе |                       |                         |
|                 |                                 | пахотные    | луговые<br>улучшенные | луговые<br>естественные |
| Брестская       | 29,5                            | 31,9        | 27,6                  | 17,5                    |
| Витебская       | 25,8                            | 26,6        | 27,7                  | 13,4                    |
| Гомельская      | 27,5                            | 30,1        | 24,9                  | 16,5                    |
| Гродненская     | 31,6                            | 34,4        | 28,1                  | 16,4                    |
| Минская         | 30,4                            | 32,8        | 26,3                  | 14,3                    |
| Могилевская     | 28,8                            | 31,6        | 27,0                  | 14,5                    |
| <b>Беларусь</b> | <b>28,9</b>                     | <b>31,2</b> | <b>26,8</b>           | <b>15,2</b>             |



стояние плодородия почв, являются степень кислотности почв и содержание в них гумуса и подвижных форм фосфора и калия. В настоящее время по итогам обобщения результатов 13 тура крупномасштабного агрохимического обследования почв средневзвешенный показатель кислотности (рН) составляет в среднем по республике на пахотных почвах 5,84, и за последние 4 года он уменьшился на 0,05 ед., причем это снижение установлено во всех областях, за исключением Минской (таблица 3).

В результате снижения объемов известкования за последние 4 года в 84 районах республики отмечено увеличение площадей кислых почв.

Средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных почвах республики в настоящее время составляет 188 мг/кг почвы и по отношению к предыдущему туру оно уменьшилось на 3 мг/кг (таблица 4).

Количество пахотных почв, слабо обеспеченных подвижным фосфором (менее 100 мг/кг), возросло за последние 4 года от 21,2 до 22,8 %. Средневзвешенное содержание подвижного калия в пахотных почвах в

целом по республике увеличилось на 12 мг/кг и составляет в настоящее время 218 мг/кг почвы, что соответствует оптимальным параметрам обеспеченности (таблица 5).

В целом по республике доля слабо обеспеченных калием почв (менее 140 мг/кг почвы) снизилась с 27,4 % (2009–2012 гг.) до 25,2 % к настоящему времени. Особенно улучшился калийный режим почв на загрязненных радионуклидами пахотных и луговых землях. Всего за послеаварийный период на загрязненные земли внесено свыше 3,2 млн т  $K_2O$  и 1,1 млн т  $P_2O_5$ ,

что позволило до 3–4 раз снизить концентрацию радионуклидов в продукции.

Важным показателем, характеризующим состояние плодородия почв, является обеспеченность их гумусом. Наряду с прямым влиянием на состояние азотного режима почв, очень важным является и его косвенный эффект, выражаемый через улучшение агрофизических и биологических свойств почв. Содержание гумуса в дерново-подзолистых почвах всегда было невысоким, поэтому очень важно не только сохранить, но и повысить его запасы в почвах.

Как показывают результаты крупномасштабного агрохимического обследования, средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах составляет 2,25 %, и по отношению к предыдущему туру обследования оно увеличилось на 0,02 % (таблица 6).

Для поддержания бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах минимальная потребность в органических удобрениях составляет 12 т/га, или 61 млн т в целом по Беларуси.

Эффективным приемом повышения содержания гумуса в почвах, дополнительно к традиционным органическим удобрениям, является заплата соломы таких культур, как рапс, гречиха, растительные остатки кукурузы после уборки на зерно, солома зерновых культур. По накоплению в почвах гумуса заплата 1 т соломы

Таблица 2 – Распределение площади пахотных земель по уровню плодородия рабочих участков (по данным кадастровой оценки)

| Группа по уровню плодородия (в баллах) | Площадь по республике |      |
|--|-----------------------|------|
|  | тыс. га               | %    |
| до 20                                  | 347,3                 | 7,6  |
| 20,1 ... 25,0                          | 744,8                 | 16,3 |
| 25,1 ... 30,0                          | 1055,6                | 23,1 |
| 30,1 ... 35,0                          | 1064,7                | 23,3 |
| 35,1 ... 40,0                          | 726,6                 | 15,9 |
| 40,1 ... 45,0                          | 374,7                 | 8,2  |
| более 45,0                             | 255,9                 | 5,6  |

Таблица 3 – Характеристика пахотных почв Республики Беларусь по степени кислотности

| Область         | По группам кислотности, % |               |               |               |               |               |            | 2013–2016 гг.<br>средне-<br>взвеш.<br>рН | 2009–2012 гг.           |                                |
|-----------------|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|--|-------------------------|--------------------------------|
|                 | I                         | II            | III           | IV            | V             | VI            | VII        |  | средне-<br>взвеш.<br>рН | площадь<br>почв<br>рН < 5,0, % |
|                 | < 4,50                    | 4,51–<br>5,00 | 5,01–<br>5,50 | 5,51–<br>6,00 | 6,01–<br>6,50 | 6,51–<br>7,00 | > 7,00     |  |                         |                                |
| Брестская       | 1,3                       | 7,0           | 24,5          | 34,2          | 21,8          | 7,2           | 4,0        | 5,74                                     | 5,83                    | 6,6                            |
| Витебская       | 1,6                       | 5,3           | 15,3          | 24,8          | 28,5          | 20,0          | 4,5        | 6,04                                     | 6,09                    | 4,6                            |
| Гомельская      | 2,2                       | 7,4           | 20,3          | 29,1          | 24,3          | 16,3          | 0,4        | 5,80                                     | 5,90                    | 7,8                            |
| Гродненская     | 2,2                       | 7,7           | 23,1          | 32,5          | 24,0          | 8,4           | 2,1        | 5,81                                     | 5,84                    | 8,2                            |
| Минская         | 1,9                       | 7,0           | 20,3          | 32,5          | 30,3          | 7,4           | 0,6        | 5,78                                     | 5,78                    | 7,1                            |
| Могилевская     | 3,3                       | 8,8           | 17,7          | 26,8          | 30,7          | 11,4          | 1,3        | 5,84                                     | 5,92                    | 8,6                            |
| <b>Беларусь</b> | <b>2,1</b>                | <b>7,2</b>    | <b>20,1</b>   | <b>30,1</b>   | <b>26,9</b>   | <b>11,6</b>   | <b>2,1</b> | <b>5,84</b>                              | <b>5,89</b>             | <b>7,2</b>                     |

Таблица 4 – Характеристика пахотных почв Республики Беларусь по содержанию подвижного фосфора

| Область         | По группам содержания $P_2O_5$ , % |             |             |             |             |            | 2013–2016 гг.                             | 2009–2012 гг.                             |                                       |
|-----------------|------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|---|---|---------------------------------------|
|                 | I                                  | II          | III         | IV          | V           | VI         | средневзвеш.<br>$P_2O_5$ ,<br>мг/кг почвы | средневзвеш.<br>$P_2O_5$ ,<br>мг/кг почвы | слабообеспечен.<br>1 + 2 группы,<br>% |
|                 | < 60                               | 61–100      | 101–150     | 151–250     | 251–400     | > 400      |   |   |                                       |
| Брестская       | 9,6                                | 16,5        | 22,4        | 29,3        | 18,0        | 4,2        | 177                                       | 156                                       | 31,6                                  |
| Витебская       | 8,7                                | 16,2        | 21,2        | 29,0        | 17,1        | 7,8        | 186                                       | 180                                       | 25,0                                  |
| Гомельская      | 5,1                                | 10,8        | 15,8        | 30,0        | 28,1        | 10,2       | 223                                       | 225                                       | 14,6                                  |
| Гродненская     | 4,1                                | 11,1        | 19,6        | 36,9        | 21,4        | 6,9        | 204                                       | 203                                       | 15,6                                  |
| Минская         | 10,9                               | 20,6        | 24,4        | 27,4        | 15,2        | 1,5        | 161                                       | 175                                       | 23,9                                  |
| Могилевская     | 5,6                                | 13,8        | 21,2        | 32,8        | 22,7        | 3,9        | 190                                       | 214                                       | 14,9                                  |
| <b>Беларусь</b> | <b>7,6</b>                         | <b>15,2</b> | <b>21,0</b> | <b>30,6</b> | <b>20,1</b> | <b>5,5</b> | <b>188</b>                                | <b>191</b>                                | <b>21,2</b>                           |

Таблица 5 – Характеристика пахотных почв Республики Беларусь по содержанию подвижного калия

| Область         | По группам содержания $K_2O$ , % |             |             |             |             |            | 2013–2016 гг.                           | 2009–2012 гг.                           |                                       |
|-----------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|---|---|---------------------------------------|
|                 | I                                | II          | III         | IV          | V           | VI         | средневзвеш.<br>$K_2O$ ,<br>мг/кг почвы | средневзвеш.<br>$K_2O$ ,<br>мг/кг почвы | слабообеспечен.<br>1 + 2 группы,<br>% |
|                 | < 80                             | 81– 140     | 141–200     | 201–300     | 301–400     | > 400      |   |   |                                       |
| Брестская       | 6,7                              | 22,7        | 31,0        | 28,3        | 8,3         | 3,0        | 194                                     | 181                                     | 32,9                                  |
| Витебская       | 5,5                              | 21,3        | 25,7        | 29,3        | 11,3        | 6,9        | 212                                     | 190                                     | 34,6                                  |
| Гомельская      | 9,2                              | 21,8        | 22,7        | 24,6        | 13,1        | 8,6        | 214                                     | 217                                     | 27,1                                  |
| Гродненская     | 5,1                              | 22,1        | 32,0        | 32,0        | 7,0         | 1,8        | 192                                     | 194                                     | 25,5                                  |
| Минская         | 2,4                              | 15,1        | 21,8        | 27,9        | 21,0        | 11,8       | 255                                     | 234                                     | 20,5                                  |
| Могилевская     | 6,3                              | 16,5        | 22,0        | 31,1        | 15,5        | 8,6        | 225                                     | 210                                     | 27,0                                  |
| <b>Беларусь</b> | <b>5,6</b>                       | <b>19,6</b> | <b>25,6</b> | <b>28,8</b> | <b>13,3</b> | <b>7,1</b> | <b>218</b>                              | <b>206</b>                              | <b>27,4</b>                           |

Таблица 6 – Характеристика пахотных почв Республики Беларусь по содержанию гумуса

| Область         | По группам содержания гумуса, % |            |             |             |             |             | 2013–2016 гг.           | 2009–2012 гг.           |                    |
|-----------------|---------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------|--------------------|
|                 | I                               | II         | III         | IV          | V           | VI          | средневзвеш.<br>содерж. | средневзвеш.<br>содерж. | 1 + 2 группы,<br>% |
|                 | < 1,00                          | 1,01–1,50  | 1,51–2,00   | 2,01–2,50   | 2,51–3,00   | 3,00        |                         |                         |                    |
| Брестская       | 0,6                             | 6,4        | 20,8        | 24,1        | 15,2        | 32,9        | 2,47                    | 2,46                    | 5,5                |
| Витебская       | 0,1                             | 3,1        | 20,5        | 29,3        | 22,0        | 25,0        | 2,47                    | 2,49                    | 2,6                |
| Гомельская      | 0,1                             | 5,5        | 26,2        | 28,3        | 16,4        | 23,5        | 2,35                    | 2,29                    | 6,9                |
| Гродненская     | 2,0                             | 24,1       | 41,3        | 21,4        | 7,1         | 4,1         | 1,87                    | 1,87                    | 26,4               |
| Минская         |                                 | 3,9        | 24,4        | 36,5        | 23,3        | 11,9        | 2,33                    | 2,35                    | 4,5                |
| Могилевская     | 1,2                             | 16,1       | 40,3        | 26,3        | 9,8         | 6,3         | 1,98                    | 1,92                    | 18,9               |
| <b>Беларусь</b> | <b>0,6</b>                      | <b>9,6</b> | <b>28,8</b> | <b>28,2</b> | <b>16,1</b> | <b>16,7</b> | <b>2,25</b>             | <b>2,23</b>             | <b>10,7</b>        |

с компенсирующей дозой азота 10 кг равноценна 3,5 т условного навоза. Расчеты показывают, что при условии запашки 4,5 млн т соломы указанных культур, а также использования 2,8 млн т торфа для компостирования полужидкого навоза, имеется потенциальная возможность дальнейшего увеличения заготовки и внесения органических удобрений.

#### Содержание микроэлементов в почвах

Почвы пахотных угодий достаточно хорошо обеспечены микроэлементами – бором, медью и цинком. Средневзвешенное содержание бора в пахотных почвах составляет 0,62 мг/кг, что близко к оптимальному значению и мало различается как по



турам обследования, так и по областям. Средневзвешенное содержание меди в пахотных почвах республики составляет 1,83 мг/кг с колебаниями от 1,49 в Гродненской до 2,19 мг/кг в Брестской области. Около половины площади пашни характеризуется оптимальным содержанием подвижных форм меди. Пахотные почвы характеризуются средним уровнем обеспеченности цинком. Средневзвешенное содержание цинка в пахотных почвах составляет 3,58 мг/кг и колеблется по областям от 2,60 мг/кг в Гродненской области до 3,82 мг/кг в Могилевской области, 66 % пахотных почв относятся к первой (низкой) группе обеспеченности.

Данные по содержанию микроэлементов в почвах являются показателем для планирования по потребности в микроудобрениях. Считаем нецелесообразным вносить микроудобрения в почву. Во-первых, микроэлементов растениям нужно несоизмеримо меньше, чем макроэлементов. Во-вторых, усвоение микроэлементов значительно выше при некорневых подкормках по сравнению с внесением в почву. И в-третьих, все-таки в основном микроэлементы – это тяжелые металлы, зачем насыщать ими почву. Кормить нужно растения, а не почву. Поэтому наиболее экономичным и экологически обоснованным способом применения микроудобрений должны быть некорневые подкормки сельскохозяйственных культур.

Таким образом, по двум картируемым Агрохимической службой республики показателям (степень кислотности и содержание подвижного фосфора) за последние 4 года произошли изменения в негативную

сторону, хотя остаются достаточно благоприятными для возделываемых культур, а по двум показателям (содержание гумуса и подвижного калия) отмечается положительная динамика. Содержание подвижного калия в пахотных почвах в настоящее время соответствует оптимальным параметрам.

Изменение агрохимических показателей плодородия почв в положительную или отрицательную сторону в значительной мере зависит от уровня применения органических и минеральных удобрений и соответствия их научно обоснованной потребности сельскохозяйственных культур для получения планируемой урожайности. При этом оптимизация почвенной кислотности является одним из факторов эффективности использования минеральных удобрений. Система известкования кислых почв в нашей республике построена так, чтобы поддерживать оптимальную реакцию почвенно-поглощающего комплекса для основных сельскохозяйственных культур. Если в 1975 г. на 1 га сильно- и среднекислых почв вносилось 5,8 т доломитовой муки, то в 2016 г. – 1,1 т.

Следует отметить, что в 1970 г. в начале интенсивной химизации сельского хозяйства средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных почвах составляло только 77 мг/кг, подвижного калия – 67 мг/кг. Приведенные выше показатели по содержанию фосфора и калия в пахотных почвах явились следствием положительного баланса этих элементов, сформированные применением органических и минеральных удобрений в научно обоснованных дозах.

## Применение минеральных удобрений

Система применения органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры должна обеспечивать расширенный возврат элементов питания в почву с тем, чтобы компенсировать вынос их с отчуждаемым урожаем и обеспечивать постепенное повышение запасов гумуса, фосфора и калия в почвах. При этом на почвах с оптимальным содержанием фосфора и калия (200–300 мг/кг почвы) при расчете доз минеральных удобрений предусмотрена 100 % компенсация выноса этих элементов с планируемой урожайностью сельскохозяйственных культур, на почвах с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных значений – 120 % компенсация выноса, а на почвах с содержанием фосфора и калия выше оптимума – 50 % компенсация выноса. Такая модель определения потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях реализована в компьютерной программе по разработке планов применения удобрений, которые ежегодно разрабатываются областными проектно-исследовательскими станциями по химизации сельского хозяйства для всех хозяйств республики.

Анализ применения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры за период с 2011 по 2016 г. показывает, что наиболее высокий уровень применения минеральных удобрений был отмечен в 2011 г. и составил 313 кг/га д. в., в том числе 111 кг/га азотных, 60 – фосфорных и 142 кг/га калийных удобрений (таблица 7). В дальнейшем объемы применения минеральных удобрений стали постепенно уменьшаться, достигнув минимального объема в 2015–2016 гг. соответственно 209 и 158 кг/га д. в. Следует отметить, что в предыдущие 2011–2014 гг. объемы применения минеральных удобрений хотя и были ниже потребности, но оставались на достаточно высоком уровне, необходимым для достижения планируемой продуктивности пахотных почв и положительного баланса фосфора и калия в почвах (таблица 8). Положительную роль здесь оказало и то, что за последние 6 лет применялось 9–10 т органических удобрений в расчете на 1 га пашни. В результате содержание подвижного фосфора в пахотных почвах на 01.01.2012 г. достигло максимального значения – 191 мг/кг, а калия – 206 мг/кг почвы (таблица 4, 5), а среднегодовая продуктивность пахотных почв устойчиво превысила 40 ц/га к. ед.



Таблица 7 – Внесение минеральных (в действующем веществе) и органических удобрений под все сельскохозяйственные культуры на почвах пахотных земель Республики Беларусь

| Область                | Годы        |            |            |             |             |             |            |
|------------------------|-------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
|                        | 2011        | 2012       | 2013       | 2014        | 2015        | 2011–2015   | 2016       |
| <b>НПК кг/га д. в.</b> |             |            |            |             |             |             |            |
| Брестская              | 306         | 297        | 301        | 266         | 230         | 280         | 200        |
| Витебская              | 293         | 241        | 250        | 185         | 147         | 223         | 85         |
| Гомельская             | 350         | 319        | 321        | 280         | 237         | <b>301</b>  | 155        |
| Гродненская            | 310         | 293        | 292        | 272         | 250         | 283         | 181        |
| Минская                | 327         | 286        | 243        | 232         | 223         | 262         | 192        |
| Могилевская            | 289         | 269        | 257        | 192         | 169         | 235         | 127        |
| <b>Беларусь</b>        | <b>313</b>  | <b>283</b> | <b>274</b> | <b>236</b>  | <b>209</b>  | <b>263</b>  | <b>158</b> |
| <b>Азотных</b>         |             |            |            |             |             |             |            |
| Брестская              | 100         | 109        | 102        | 99          | 95          | 101         | 81         |
| Витебская              | 103         | 88         | 93         | 64          | 60          | 82          | 39         |
| Гомельская             | 118         | 114        | 119        | 100         | 99          | <b>110</b>  | 65         |
| Гродненская            | 115         | 109        | 110        | 108         | 100         | 108         | 82         |
| Минская                | 119         | 106        | 90         | 85          | 84          | 97          | 75         |
| Могилевская            | 105         | 107        | 100        | 71          | 63          | 89          | 49         |
| <b>Беларусь</b>        | <b>111</b>  | <b>105</b> | <b>101</b> | <b>87</b>   | <b>83</b>   | <b>97</b>   | <b>65</b>  |
| <b>Фосфорных</b>       |             |            |            |             |             |             |            |
| Брестская              | 48          | 39         | 47         | 35          | 26          | 39          | 19         |
| Витебская              | 66          | 38         | 41         | 20          | 21          | 37          | 6          |
| Гомельская             | 60          | 56         | 55         | 40          | 36          | <b>49</b>   | 17         |
| Гродненская            | 57          | 46         | 45         | 39          | 33          | 44          | 15         |
| Минская                | 74          | 51         | 38         | 31          | 31          | 45          | 21         |
| Могилевская            | 50          | 46         | 39         | 28          | 15          | 36          | 12         |
| <b>Беларусь</b>        | <b>60</b>   | <b>46</b>  | <b>44</b>  | <b>32</b>   | <b>27</b>   | <b>42</b>   | <b>15</b>  |
| <b>Калийных</b>        |             |            |            |             |             |             |            |
| Брестская              | <b>158</b>  | 149        | 152        | 132         | 109         | 140         | 100        |
| Витебская              | 124         | 115        | 115        | 101         | 66          | 104         | 40         |
| Гомельская             | <b>172</b>  | 150        | 147        | 140         | 102         | <b>142</b>  | 74         |
| Гродненская            | 138         | 138        | 136        | 125         | 117         | 131         | 84         |
| Минская                | 134         | 129        | 115        | 116         | 109         | 121         | 96         |
| Могилевская            | 134         | 117        | 118        | 94          | 91          | 111         | 66         |
| <b>Беларусь</b>        | <b>142</b>  | <b>132</b> | <b>129</b> | <b>117</b>  | <b>99</b>   | <b>124</b>  | <b>77</b>  |
| <b>Органических</b>    |             |            |            |             |             |             |            |
| Брестская              | 14,3        | 14,5       | 15,0       | 16,0        | 16,0        | <b>15,2</b> | 14,4       |
| Витебская              | 7,1         | 6,3        | 5,2        | 6,1         | 5,3         | 6,0         | 5,4        |
| Гомельская             | 9,7         | 8,8        | 8,3        | 11,2        | 9,4         | 9,5         | 9,1        |
| Гродненская            | 12,2        | 12,2       | 11,6       | 12,0        | 12,1        | 12,0        | 11,4       |
| Минская                | 10,3        | 10,2       | 9,3        | 10,7        | 10,4        | 10,2        | 9,9        |
| Могилевская            | 9,0         | 8,5        | 8,8        | 9,6         | 9,6         | 9,1         | 8,9        |
| <b>Беларусь</b>        | <b>10,3</b> | <b>9,9</b> | <b>9,5</b> | <b>10,7</b> | <b>10,3</b> | <b>10,1</b> | <b>9,7</b> |

Однако, по данным 2016 г., вынос азота и фосфора из почвы превысил внесение их с органическими и минеральными удобрениями во всех областях, за исключением Брестской и Гомельской (таблица 8).

Применение минеральных удобрений в почвенно-климатических усло-

виях республики является одним из наиболее важных факторов формирования высокой продуктивности сельскохозяйственных культур и сопровождается их высокой окупаемостью.

Поэтому дальнейший прирост урожайности сельскохозяйственных культур нужно планировать не за счет

увеличения объемов внесения минеральных удобрений, а за счет повышения окупаемости их прибавкой урожая сельскохозяйственных культур – 10–12 кг зерна на 1 кг НПК. Для этого обязательным условием является выполнение комплекса следующих мероприятий:

Таблица 8 – Баланс элементов питания в почвах пахотных земель Республики Беларусь

| Область               | В среднем за год и по периодам, кг/га |             |             |             |             |               |             |
|-----------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|-------------|
|                       | 2011 г.                               | 2012 г.     | 2013 г.     | 2014 г.     | 2015 г.     | 2011–2015 гг. | 2016 г.     |
| <b>Баланс азота</b>   |                                       |             |             |             |             |               |             |
| Брестская             | 42,4                                  | 38,9        | 44,6        | 30,7        | 46,2        | 40,6          | 5,9         |
| Витебская             | 43,8                                  | 33,0        | 40,0        | 12,6        | 8,2         | 27,5          | -6,0        |
| Гомельская            | 55,4                                  | 54,3        | 59,3        | 43,5        | 57,8        | 54,1          | 14,4        |
| Гродненская           | 22,5                                  | 8,7         | 16,5        | -6,2        | 7,0         | 9,7           | -14,0       |
| Минская               | 35,9                                  | 23,2        | 15,3        | 8,7         | 18,7        | 20,3          | -1,6        |
| Могилевская           | 36,5                                  | 33,1        | 34,0        | 6,4         | 27,8        | 27,6          | -2,3        |
| <b>Беларусь</b>       | <b>38,1</b>                           | <b>29,5</b> | <b>33,5</b> | <b>18,9</b> | <b>26,6</b> | <b>29,3</b>   | <b>-1,0</b> |
| <b>Баланс фосфора</b> |                                       |             |             |             |             |               |             |
| Брестская             | 40,5                                  | 27,7        | 40,3        | 24,4        | 22,5        | 31,1          | 3,5         |
| Витебская             | 49,5                                  | 22,4        | 25,7        | 2,5         | 2,3         | 20,5          | -13,2       |
| Гомельская            | 48,5                                  | 44,9        | 43,9        | 30,5        | 30,9        | 39,7          | 6,2         |
| Гродненская           | 35,0                                  | 20,3        | 21,8        | 7,6         | 9,3         | 18,8          | -12,0       |
| Минская               | 53,8                                  | 29,6        | 17,4        | 10,5        | 14,6        | 25,2          | -1,3        |
| Могилевская           | 32,6                                  | 26,1        | 21,8        | 8,9         | 6,6         | 19,2          | -4,5        |
| <b>Беларусь</b>       | <b>43,6</b>                           | <b>27,7</b> | <b>28,1</b> | <b>15,2</b> | <b>14,1</b> | <b>25,7</b>   | <b>-3,9</b> |
| <b>Баланс калия</b>   |                                       |             |             |             |             |               |             |
| Брестская             | 112,7                                 | 92,9        | 108,0       | 75,5        | 72,1        | 92,2          | 32,6        |
| Витебская             | 65,7                                  | 60,5        | 63,0        | 41,7        | 4,6         | 47,8          | -23,0       |
| Гомельская            | 121,6                                 | 102,1       | 99,8        | 92,7        | 69,7        | 95,3          | 26,4        |
| Гродненская           | 55,6                                  | 45,5        | 51,3        | 17,0        | 30,1        | 39,8          | -10,8       |
| Минская               | 60,4                                  | 52,2        | 41,9        | 40,9        | 45,6        | 47,3          | 17,3        |
| Могилевская           | 70,4                                  | 47,3        | 55,0        | 24,7        | 51,2        | 48,6          | 4,9         |
| <b>Беларусь</b>       | <b>78,0</b>                           | <b>63,3</b> | <b>67,5</b> | <b>51,3</b> | <b>44,7</b> | <b>60,1</b>   | <b>7,2</b>  |

- внесение строго в расчетных дозах на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур при оптимальном соотношении всех макроэлементов; практически осуществимо при использовании

комплексных форм минеральных удобрений, разработанных для отдельных культур или групп культур, производимых ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Беларуськалий»;

- регулирование азотного питания сельскохозяйственных культур в процессе вегетации путем проведения подкормок в основные стадии формирования урожайности;
- сбалансированное применение микроудобрений с учетом биологической потребности возделываемых культур;
- химическая защита растений от сорняков, болезней и вредителей;
- качество внесения минеральных удобрений и проведения подкормок азотными удобрениями и микроудобрениями.

Каждое из перечисленных выше звеньев имеет важное значение в формировании продуктивности и качества сельскохозяйственных культур. Невыполнение любого из них приводит к недобору растениеводческой продукции и соответственно снижению окупаемости минеральных удобрений.

В этом плане для достижения потенциально возможной урожайности отдельных сельскохозяйственных культур важное значение как в научной сфере, так и в агрохимической практике отводится комплексному



применению в течение периода вегетации азотных удобрений, микроудобрений и средств химической защиты растений от сорняков, болезней и вредителей.

Комплексное применение азотных удобрений и средств химической защиты растений от болезней в наших исследованиях с озимой пшеницей способствовало увеличению продолжительности работы листового аппарата растений на 8–10 дней и соответственно повышению урожайности на 8,5 ц/га зерна. Прибавку урожая зерна озимой пшеницы 7,3 ц/га обеспечивала некорневая подкормка медью в дозе 50 г/га д. в. в фазе начала трубкования на фоне оптимальных доз минеральных удобрений.

Хорошее качество почвы формирует и хорошее качество растениевод-

ческой продукции. Особенно актуально это для обеспечения оптимального микроэлементного состава продукции, которая является пищей для человека и кормом для сельскохозяйственных животных. При недостатке микроэлементов в почвах обязательным агрохимическим приемом должны быть некорневые подкормки соответствующими микроудобрениями.

Улучшение агрохимических свойств почв – это лишь одно из направлений повышения их плодородия. Не менее важным является также улучшение агрофизических и

биологических свойств. В этом плане очень велика роль применения органических удобрений, которые наряду с увеличением содержания гумуса способствуют улучшению агрофизических свойств почв и повышают их микробиологическую активность. Разработка приемов повышения биологической активности дерново-подзолистых почв сегодня является важным направлением в научных исследованиях, и решение этого вопроса позволит перейти на качественно новый этап в развитии аграрных технологий.

#### Контактная информация

Лапа Виталий Витальевич 8 017 212 07 51, 8 017 212 08 21

УДК 631.47

## ПОЧВЕННО-ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В АГРОПОЧВОВЕДЕНИИ

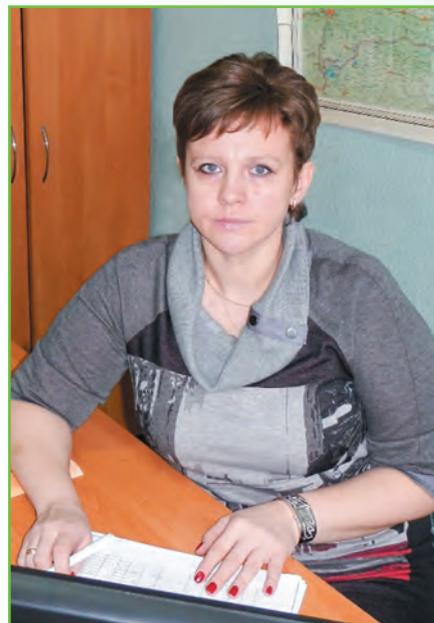
*В. В. Лапа, доктор с.-х. наук, Т. Н. Азаренок,  
Д. В. Матыченков, С. В. Шульгина, Л. И. Шибут,  
О. В. Матыченкова, кандидаты с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии*

Успех развития любой страны сейчас определяется степенью внедрения на рынок результатов научной деятельности – новых технологий и технологических продуктов, то есть уровнем коммерциализации итогов интеллектуальной деятельности. Это в полной мере относится и к сельскому хозяйству, эффективное развитие которого в современных условиях требует постоянного появления и внедрения новых техники и технологий, совершенствования экономических отношений между производителями и потребителями научной продукции, формирования инновационной инфраструктуры.

На протяжении многих десятилетий в Институте почвоведения и агрохимии проводится масштабная научно-исследовательская работа по изучению состава, свойств, плодородия почв республики, направленности их трансформации, разработке мероприятий по их рациональному использованию. Результатом этой работы стал накопленный огромный объем описательной, аналитической, статистической, картографической информации, разносторонне харак-

теризующей компонентный состав почвенного покрова как республики в целом, так и различных природно-хозяйственных регионов, на бумажных носителях. Для унификации, инвентаризации этих ценных данных в целях стабильного информационного обеспечения научно-исследовательских работ, рационального природопользования остро назрела необходимость перевода накопленного массива данных о почвах в цифровой формат. Применение программных продуктов ГИС (находящихся в свободном доступе) позволило впервые в республике в институте разработать разноуровневую систему – Почвенную информационную систему Беларуси (ПИСБ), включающую структурированную информацию о компонентном составе почвенного покрова сельскохозяйственных земель республики на основании существующего административно-территориально-хозяйственного деления (от республики в целом до рабочего участка).

Основу ПИСБ, как геоинформационной системы, составляют взаимосвязанные пространственно-коорди-



**Т. Н. Азаренок,**  
заведующая сектором  
агропочвоведения, цифрового  
картографирования и оценки почв

нированные и атрибутивные данные о почвах и почвенном покрове различных видов земель, характеризующиеся открытостью, доступностью и направленные на визуализацию информации с помощью цифровых карт и специализированных баз данных. Пространственную основу ПИСБ со-

ставляют цифровые разномасштабные почвенные карты, а атрибутивную – базы данных почвенных профилей с набором аналитических показателей почвенных характеристик и свойств, позволяющих информативно охарактеризовать почвенный покров исследуемой территории различного уровня землепользования.

В настоящее время база данных ПИСБ включает в себя базу данных репрезентативных почвенных профилей (почвенных разновидностей, доминирующих по площади в компонентном составе почвенного покрова Беларуси и характеризующихся наиболее полным набором аналитических показателей состава и свойств), базу данных почвенных профилей по материалам крупномасштабного почвенного картографирования, базу данных почвенных профилей эталонов естественных и высококультурных почв, базу данных пространственно-временной изменчивости почв республики и содержит более 23000 почвенных разрезов, 108 полей, характеризуя все почвенные разновидности дерново-карбонатных, бурых лесных, дерново-подзолистых, дерново-подзолистых заболоченных, дерновых заболоченных, дерново-карбонатных заболоченных, аллювиальных дерновых заболоченных, торфяных и антропогенно-преобразованных почв (рисунок 1).

На основании данных ПИСБ, посредством статистической обработки и интерполяции, могут быть охарактеризованы почвы региона любого уровня обобщения, включая их морфологические характеристики, агрофизические, физико-химические, агрохимические, агроэкологические показатели, балл плодородия, для решения многих научно-практических задач.

Однако наступает такой период развития науки и технологий, когда одного только сбора и обобщения информации о почвенном покрове становится недостаточным. И наряду с необходимостью использования всей имеющейся информации о свойствах почв, характере их антропогенной и пространственно-временной трансформации востребованы данные об их пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур, биологических особенностях развития растений, их требованиях к минеральному питанию, о разработанных системах удобрения и наиболее экологически и экономически выгодных полевых севооборотах. Соединить в себе базу данных количественных характеристик почвенного покрова республики и базу знаний (накопленного опыта по оптимизации условий

возделывания требуемых сельскохозяйственных культур) позволяют системы поддержки принятия решений (СППР).

В Институте почвоведения и агрохимии уже на протяжении многих лет активно ведется разработка специализированных систем, включающих базы данных количественных и качественных параметров агроэкологического состояния компонентного состава почвенного покрова с учетом региональной специфики их антропогенной трансформации, обеспечивающих ресурсосберегающее, экологически безопасное повышение плодородия почв, урожайности и устойчивости сельскохозяйственных культур.

Отличительной особенностью создаваемых информационных систем от существующих исследований по оптимизации аграрного землепользования с применением ГИС-технологий является четкая экологическая, экономическая и практическая ориентированность, современная административно-территориальная основа.

Необходимо отметить, что в существующих в республике и за рубежом экспертных системах, базах данных на различных уровнях обобщения отсутствует система учета данных об изменении компонентного состава, свойств почв, содержания питательных макро- и микроэлементов, мероприятий по окультуриванию почвенного покрова, характера предшествующих возделываемой культуры, типа севооборота, производственной необходимости по возделыванию конкретной сельскохозяйственной культуры или группы культур и др. во времени, т. е. не учитываются динамические характеристики свойств отдельных компонентов почвенного покрова, ключевые для возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому одним из перспективных путей решения проблемы учета изменения свойств почвенного покрова со временем является внедрение геоинформационных технологий для инвентаризации тех данных о почвенном покрове, которые изменяются со временем.

В 2017 г. в Институте почвоведения и агрохимии впервые в республике начата разработка методических основ функционирования информационной системы учета динамики свойств отдельных компонентов почвенного покрова землепользований, обеспечивающей возможность прогнозирования и корректировки агроэкологических и агрохимических свойств почв рабочего участка землепользователя для последующего его рационального использования в сельскохозяйственном производ-

стве и направленной на получение максимального урожая сельскохозяйственных культур за счет рационального использования почвенных ресурсов.

Первым звеном эффективного ведения сельского хозяйства отдельным землепользованием (организацией) является рациональное использование почв отдельно обрабатываемого рабочего участка. Для этого необходима информация о компонентном составе почвенного покрова данного участка, агроэкологическом состоянии почв, информация о требовательности конкретных сельскохозяйственных культур к отдельным характеристикам агроэкологического состояния почв (рисунок 2). Причем многие из вышеприведенных показателей могут изменяться ежегодно (например, культуры предшественники), а некоторые поддаются корректировке (содержание основных питательных веществ в почве). Особенно актуальным учет динамики свойств и прогнозов их изменения является при пограничных значениях показателей относительно существующих регламентов возделывания конкретных сельскохозяйственных культур, необходимым условием для реализации растениями своего потенциала продуктивности, а вместе с ним и потенциала эффективного плодородия самих почв.

Создаваемая СППР позволит с наименьшими материальными затратами существенно повысить экономическую эффективность получения растениеводческой продукции отдельных землепользователей за счет объективного планирования производства сельскохозяйственной продукции с учетом их требовательности к агроэкологическим свойствам почвенного покрова и плодородия почв, а также будет реально отражать необходимость внесения органических и минеральных удобрений, микроэлементов, проведения мероприятий по повышению плодородия почв, мелиоративных и защитных работ, обеспечит дифференцированный подход в использовании почвенных ресурсов и удобрений на планируемую урожайность применительно для каждого поля. Система учета динамики и прогноза свойств отдельных компонентов почвенного покрова землепользований направлена на обеспечение оптимизации требований сельскохозяйственных культур к свойствам почвенного покрова, то есть получение максимального урожая за счет рационального использования почвенных ресурсов, динамики изменения отдельных их свойств, а также возможности прогнозирования и обеспечения воз-



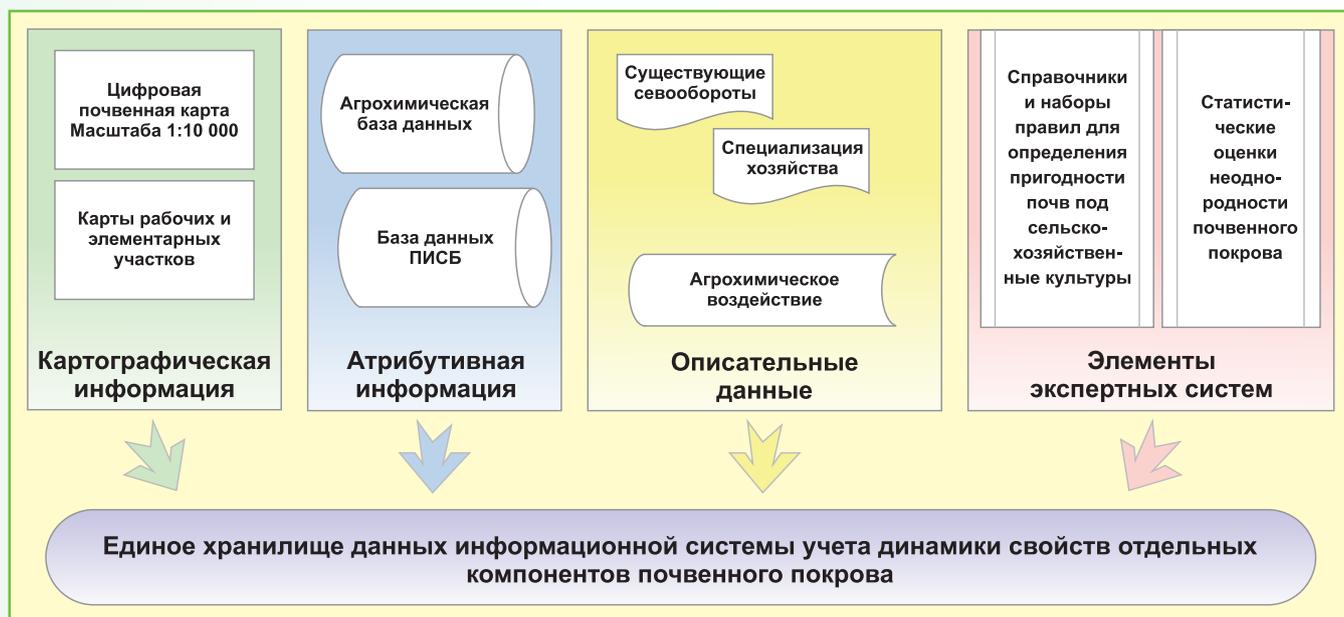


Рисунок 2 – Единое хранилище данных информационной системы учета динамики свойств отдельных компонентов почвенного покрова



Рисунок 3 – Практическое использование информационной системы учета динамики свойств отдельных компонентов почвенного покрова

возможности корректировки отдельных свойств почвенного покрова для последующего его рационального использования в сельскохозяйственном производстве, для объективного и своевременного обеспечения органов управления информацией об их состоянии, что в современных условиях является приоритетом для продвижения прикладных исследований и инновационных проектов по внедрению достижений науки в практику ведения сельскохозяйственного производства (рисунок 3).

Таким образом, разрабатываемые в Институте почвоведения и агрохимии почвенные информационные системы способствуют формированию научных основ рационального землепользования в республике, расширению научной поддержки принятия производственных решений на

основе актуальных и пространственно-временных показателей состава и свойств почв сельскохозяйственных земель для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур, экономии материальных и временных ресурсов на любом уровне землепользования.

**Контактная информация**

Азаренок Татьяна Николаевна 8 017 212 08 11

УДК 631.474:631.452

# ОЦЕНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ БЕЛАРУСИ на современном этапе

В. В. Лапа, доктор с.-х. наук,  
Л. И. Шибут, Т. Н. Азаренок, кандидаты с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

Для успешного ведения сельскохозяйственного производства необходимо иметь достоверную научно-обоснованную информацию о количестве и качестве земли в каждой сельскохозяйственной организации. С этой целью в Республике Беларусь периодически проводятся почвенные, агрохимические и другие специальные обследования сельскохозяйственных земель. Завершающим этапом всех этих обследований является оценка земель, которая в условных единицах (баллах) и других показателях отражает их плодородие применительно к возделыванию сельскохозяйственных культур.

Работы по оценке земель начались в Беларуси в 60-х годах прошлого столетия, и за это время с периодичностью примерно один раз в 10 лет было проведено три тура качественной оценки (бонитировки) почв и два тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств. Последний (второй) тур кадастровой оценки завершился в 2016 г. Эта оценка была выполнена совместно специалистами УП «Проектный институт Белгипрозем» и РУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Согласно методике кадастровой оценки земля рассматривается и как природное тело, обладающее плодородием, и как средство сельскохозяйственного производства с учетом современного культуртехнического состояния и местоположения. В связи с этим **кадастровая оценка земель состоит из трех самостоятельных частей (этапов):**

- 1) оценка плодородия почв рабочих участков, характеризующая уровень урожайности сельскохозяйственных культур;
- 2) оценка их технологических свойств и местонахождения, характеризующая уровень затрат на выполнение полевых и транспортных работ, связанных с сельскохозяйственным производством;
- 3) обобщающая оценка земли как средства производства (возделывания сельскохозяйственных культур) с расчетом нормативного

чистого дохода и дифференциального дохода на 1 га, общего балла кадастровой оценки и кадастровой стоимости земель.

Оценка плодородия почв является первой и наиболее важной составной частью кадастровой оценки сельскохозяйственных земель и заключается в определении их пригодности по совокупности природных свойств для возделывания сельскохозяйственных культур. Она предусматривает получение следующих показателей, характеризующих качество земли:

- бонитет почв в баллах (исходный балл почв);
- оценочный балл плодородия почв рабочих участков для сравнительной характеристики их пригодности при возделывании основных сельскохозяйственных культур, исходя из почвенного покрова и наличия факторов, дополнительно влияющих на урожайность (агрохимических, культуртехнических, мелиоративных, климатических).

Основой оценки плодородия почв является **шкала оценочных баллов**. По шкале оцениваются типовые различия, характер и степень увлажнения, гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород, литологическое строение профиля, как наиболее стабильные характеристики, определяющие уровень плодородия почв при оптимальных условиях реализации их генетического потенциала (исходный балл). Для второго тура кадастровой оценки земель она была значительно расширена и дополнена (по сравнению с предыдущей) за счет включения в нее новых почвенных разновидностей и культур, которые ранее не оценивались, а также уточнения балльной оценки некоторых разновидностей, по которым были получены новые данные о их производительной способности.

Наименьшей классификационной единицей, включенной в шкалу, является почвенная разновидность, выделяемая на почвенных картах при крупномасштабных почвенных обследованиях масштаба 1 : 10000. В современной шкале оценочных баллов в зависимости от типа, увлажнения



**Л. И. Шибут,**  
ведущий научный сотрудник сектора  
агрочесоведения, цифрового  
картографирования и оценки почв

и гранулометрического состава отражена балльность 332 почвенных разновидностей для возделывания на них 16 сельскохозяйственных культур или их групп: озимой ржи, озимой пшеницы, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя, овса; кормового люпина, гороха, вики, пелюшки; льна, сахарной свеклы, корнеплодов, рапса, картофеля, кукурузы, многолетних бобовых трав, многолетних злаковых трав, бобово-злаковых травосмесей. В республике используется закрытая оценочная шкала, в которой 100 баллами оценена лучшая по плодородию разновидность почв для каждой культуры. Фрагмент этой шкалы, включающий отдельные разновидности дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных почв, приведен в таблице. В шкале приводятся также средние баллы для пахотных, улучшенных луговых и естественных луговых земель по всем почвам. В типах заболоченных почв все баллы установлены отдельно для осушенных и неосушенных почвенных разновидностей.

Кроме расчета средних баллов под культуры по участкам, полям, хозяйствам, эта шкала может использоваться для определения степени пригодности каждой почвенной разновидности под отдельные культуры или их

группы, районов их распространения и площадей. Пример пригодности некоторых почв Беларуси под зерновые культуры (вместе с разрезами) приведен на рисунке.

Другие факторы и характеристики, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур, при проведении оценки учитываются с помощью поправочных коэффициентов, которые последовательно вводятся к исходному баллу почв по шкале. Всего для оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси используются поправочные коэффициенты на эродированность, каменистость (завалу-

ненность), агрохимические свойства почв (окультуренность), контурность (площадь отдельно обрабатываемого участка или удельный периметр), мелиоративное состояние осушенных земель, неоднородность почвенного покрова, генезис почвообразующих пород, агроклиматические условия, закустаренность. В результате учета всех этих поправок получается окончательный (фактический) балл – балл плодородия почв.

По видам земель (угодиям) отдельно рассчитываются показатели оценки по пахотным землям, многолетним насаждениям, луговым улучшенным,

луговым естественным и в среднем по всем сельскохозяйственным землям. В свою очередь пахотные земли оцениваются как в среднем, так и под отдельные культуры или их группы, перечисленные выше.

Баллы плодородия почв, полученные на первом этапе оценки, могут использоваться самостоятельно и в то же время служат основой для проведения следующих ее этапов.

При оценке технологических свойств учитывается длина гона, удельное сопротивление почвы, угол склона, каменистость, конфигурация участков.

**Шкала оценочных баллов пахотных (используемых под возделывание различных сельскохозяйственных культур) и луговых земель (фрагмент)**

| Почвенные разновидности  | Номер почвы по шкале | Мелиоративное состояние* | Пахотные земли | В том числе |                |                  |                |        |      |
|--|----------------------|--------------------------|----------------|-------------|----------------|------------------|----------------|--------|------|
|  |                      |                          |                | озимая рожь | озимая пшеница | озимое тритикале | яровая пшеница | ячмень | овес |
| А  | Б                    | В                        | 1              | 2           | 3              | 4                | 5              | 6      | 7    |
| <b>III. Дерново-подзолистые</b>  |                      |                          |                |             |                |                  |                |        |      |
| III.I. Автоморфные   |                      |                          |                |             |                |                  |                |        |      |
| Средне- и легкосуглинистые: – мощные;  | 41                   |                          | 72,3           | 71          | 75             | 73               | 75             | 73     | 71   |
| – с прослойкой песка на глубине до 0,5 м;  | 42                   |                          | 60,4           | 61          | 60             | 61               | 58             | 59     | 62   |
| – с прослойкой песка на глубине 0,5–1,0 м;   | 43                   |                          | 66,3           | 66          | 68             | 67               | 64             | 65     | 67   |
| – подстилаемые песками с глубины до 1 м  | 44                   |                          | 56,2           | 57          | 54             | 56               | 54             | 55     | 59   |
| Связносупесчаные: – мощные и подстилаемые легкими и средними суглинками;             | 45                   |                          | 68,6           | 68          | 70             | 69               | 67             | 69     | 66   |
| – подстилаемые суглинками с прослойкой песка на контакте на глубине до 0,5 м;        | 46                   |                          | 54,4           | 58          | 53             | 57               | 52             | 54     | 59   |
| – с прослойкой песка на глубине 0,5–1,0 м;   | 47                   |                          | 61,7           | 63          | 62             | 63               | 60             | 61     | 63   |
| – подстилаемые песками с глубины до 1 м  | 48                   |                          | 48,9           | 54          | 47             | 52               | 45             | 48     | 56   |
| <b>V. Дерново-подзолистые заболоченные</b>   |                      |                          |                |             |                |                  |                |        |      |
| V.II. Глееватые  |                      |                          |                |             |                |                  |                |        |      |
| Рыхлосупесчаные: – подстилаемые суглинками или связными супесями с глубины до 1,0 м; | 211                  | 1                        | 53,3           | 54          | 50             | 52               | 56             | 58     | 59   |
|  | 212                  | 0                        | 34,5           | 32          | 31             | 33               | 40             | 41     | 42   |
| – с прослойкой песка на контакте;  | 213                  | 1                        | 48,6           | 51          | 46             | 50               | 50             | 52     | 54   |
|  | 214                  | 0                        | 35,9           | 34          | 33             | 35               | 42             | 43     | 44   |
| – подстилаемые песками с глубины до 1,0 м  | 215                  | 1                        | 43,4           | 49          | 41             | 47               | 43             | 45     | 48   |
|  | 216                  | 0                        | 30,3           | 29          | 27             | 28               | 36             | 38     | 40   |
| Связнопесчаные: – подстилаемые суглинками с глубины до 1 м;                          | 217                  | 1                        | 45,7           | 50          | 42             | 46               | 42             | 44     | 50   |
|  | 218                  | 0                        | 32,1           | 31          | 30             | 31               | 35             | 37     | 41   |
| – мощные и переходящие в рыхлые  | 219                  | 1                        | 32,0           | 40          | 29             | 34               | 29             | 31     | 39   |
|  | 220                  | 0                        | 27,0           | 27          | 24             | 25               | 26             | 29     | 35   |

При оценке местоположения учитывается расстояние от земельных участков до внутрихозяйственных центров и расстояние от центральной усадьбы сельхозпредприятия до внехозяйственных пунктов реализации и баз снабжения.

На основании оценки плодородия, технологических свойств и местоположения рабочих участков определяются обобщающие (синтезирующие) показатели оценки: нормативный чистый и дифференциальный доход на 1 га (по отношению к средним или худшим условиям республики), общий балл кадастровой оценки земель и кадастровая стоимость земель.

Нормативный чистый доход, дифференциальный доход и кадастровая стоимость земель устанавливаются в условных единицах, эквивалентных доллару США по курсу Национального банка Беларуси.

Первичной территориальной единицей оценки в сельскохозяйственных организациях является рабочий (оценочный) участок. По рабочим участкам собираются все необходимые для оценки сведения и определяются показатели оценки сначала по видам земель (пахотные, под постоянными культурами, луговые улучшенные, луговые естественные), затем в целом по сельскохозяйственным землям. Исхо-

дя из оценочных показателей рабочих участков, определяются средневзвешенные показатели по хозяйствам, районам, областям и республике.

Таким образом, основными показателями кадастровой оценки земель являются: балл плодородия почв, общий балл кадастровой оценки земель, нормативный чистый доход, дифференциальный доход и кадастровая стоимость земель, которые установлены по всем видам земель для всех сельскохозяйственных предприятий, районов, областей и республики в целом.

Для широкого использования эти материалы переданы хозяйствам,

Продолжение таблицы

| под сельскохозяйственные культуры          |                      |     |                             |      |           |          |                           |                            |                            | Луговые земли |              | Показатели контрастности почв |            |                           | Удельное сопротивление почвы, кПа |
|--|----------------------|-----|-----------------------------|------|-----------|----------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|--------------|-------------------------------|------------|---------------------------|-----------------------------------|
| кормовой люпин                             | горох, вика, пелюшка | лен | сахарная свекла, корнеплоды | рапс | картофель | кукуруза | многолетние бобовые травы | многолетние злаковые травы | бобово-злаковые травосмеси | улучшенные    | естественные | тип почв                      | увлажнение | гранулометрический состав |                                   |
| 8  | 9                    | 10  | 11                          | 12   | 13        | 14       | 15                        | 16                         | 17                         | 18            | 19           | 20                            | 21         | 22                        | 23                                |
| <b>III. Дерново-подзолистые</b>            |                      |     |                             |      |           |          |                           |                            |                            |               |              |                               |            |                           |                                   |
| III.I. Автоморфные                         |                      |     |                             |      |           |          |                           |                            |                            |               |              |                               |            |                           |                                   |
| 100  | 70                   | 100 | 68                          | 75   | 73        | 68       | 74                        | 70                         | 72                         | 38            | 22           | 1                             | 1          | 3                         | 58                                |
| 87   | 60                   | 83  | 58                          | 59   | 63        | 61       | 58                        | 58                         | 58                         | 31            | 19           | 1                             | 1          | 3                         | 56                                |
| 93   | 65                   | 91  | 63                          | 68   | 69        | 65       | 66                        | 64                         | 65                         | 35            | 21           | 1                             | 1          | 3                         | 55                                |
| 82   | 56                   | 77  | 55                          | 53   | 60        | 58       | 52                        | 54                         | 53                         | 29            | 17           | 1                             | 1          | 3                         | 55                                |
| 90   | 67                   | 86  | 67                          | 71   | 69        | 67       | 69                        | 67                         | 68                         | 33            | 16           | 1                             | 1          | 2                         | 47                                |
| 71   | 55                   | 61  | 51                          | 50   | 59        | 55       | 49                        | 50                         | 49                         | 26            | 14           | 1                             | 1          | 2                         | 46                                |
| 81   | 61                   | 74  | 60                          | 61   | 64        | 61       | 60                        | 59                         | 59                         | 30            | 15           | 1                             | 1          | 2                         | 45                                |
| 64   | 50                   | 52  | 45                          | 43   | 55        | 50       | 42                        | 44                         | 43                         | 23            | 13           | 1                             | 1          | 2                         | 45                                |
| <b>V. Дерново-подзолистые заболоченные</b> |                      |     |                             |      |           |          |                           |                            |                            |               |              |                               |            |                           |                                   |
| V.II. Глееватые                            |                      |     |                             |      |           |          |                           |                            |                            |               |              |                               |            |                           |                                   |
| 58   | 53                   | 51  | 51                          | 48   | 54        | 52       | 49                        | 53                         | 51                         | 33            |              | 1                             | 1          | 2                         | 46                                |
| 39   | 34                   | 30  | 33                          | 22   | 35        | 31       | 21                        | 50                         | 36                         | 31            | 22           | 1                             | 3          | 2                         | 61                                |
| 54   | 49                   | 46  | 47                          | 42   | 51        | 48       | 43                        | 46                         | 45                         | 29            |              | 1                             | 1          | 2                         | 45                                |
| 41   | 36                   | 32  | 35                          | 24   | 37        | 33       | 23                        | 46                         | 34                         | 29            | 21           | 1                             | 3          | 2                         | 60                                |
| 50   | 44                   | 40  | 43                          | 36   | 47        | 43       | 37                        | 39                         | 38                         | 25            |              | 1                             | 1          | 2                         | 44                                |
| 34   | 28                   | 26  | 28                          | 18   | 30        | 27       | 17                        | 42                         | 30                         | 26            | 19           | 1                             | 3          | 2                         | 60                                |
| 54   | 47                   | 41  | 43                          | 39   | 49        | 48       | 39                        | 48                         | 44                         | 29            |              | 1                             | 1          | 1                         | 43                                |
| 38   | 32                   | 27  | 32                          | 20   | 34        | 28       | 19                        | 47                         | 33                         | 28            | 20           | 1                             | 3          | 1                         | 46                                |
| 48   | 31                   | 27  | 27                          | 23   | 36        | 32       | 24                        | 32                         | 28                         | 22            |              | 1                             | 1          | 1                         | 40                                |
| 34   | 27                   | 24  | 25                          | 17   | 29        | 26       | 16                        | 40                         | 30                         | 25            | 18           | 1                             | 3          | 1                         | 42                                |



**1. Почва:** дерново-карбонатная выщелоченная оглеенная внизу суглинистая, развивающаяся на древнеаллювиальных омергелеванных отложениях.

Наибольшее распространение почвы получили в Житковичском р-не Гомельской обл., Столинском р-не Брестской обл. и являются наиболее плодородными для возделывания озимой и яровой пшеницы, озимого тритикале, ячменя, озимой ржи, овса.

**Балл бонитета: 83-100**



**2. Почва:** дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на мощных лессовидных легких суглинках.

Наибольшее распространение почвы получили в Мстиславском, Круглянском, Горецком р-нах Могилевской обл., Оршанском, Дубровенском р-нах Витебской обл., Минском, Дзержинском р-нах Минской обл., Кореличском р-не Гродненской обл.

Наиболее пригодны для возделывания оз. пшеницы, оз. тритикале, яровой пшеницы. Пригодны для возделывания озимой ржи и овса.

**Балл бонитета: 71-75**



**3. Почва:** дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на мощных моренных легких суглинках.

Наибольшее распространение получили в Городокском, Шумилинском, Ушачском, Липовичском, Лепельском, Поставском, Бешенковичском р-нах Витебской обл., Ошмянском, Сморгонском р-нах Гродненской обл., Крупском, Мядельском р-нах Минской обл. Наиболее пригодны для возделывания оз. и яровой пшеницы, оз. тритикале, ячменя. Пригодны для возделывания озимой ржи и овса.

**Балл бонитета: 71-75**



**4. Почва:** дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на водно-ледниковых связных супесях, подстилаемых с глубины 0,5-1,0 м моренными суглинками.

Наибольшее распространение получили в Новогрудском, Гродненском, Щучинском р-нах Гродненской обл., Осиповичском, Чаусском, Бельничском р-нах Могилевской обл., Молодечненском, Вилейском, Борисовском, Березинском р-нах Минской обл., Буда-Кошелевском, Ельском р-нах Гомельской обл.

**Балл бонитета: 66-70**



**5. Почва:** дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на лессовидных легких суглинках, подстилаемых моренными суглинками с глубины 0,5-1,0 м, часто с прослойкой песка на контакте.

Наибольшее распространение получили в Несвижском, Слуцком, Клецком, Копыльском р-нах Минской обл., Кореличском и Новогрудском р-нах Гродненской обл. Наиболее пригодны для возделывания озимой и яровой пшеницы, озимого тритикале. Пригодны для возделывания озимой ржи и овса.

**Балл бонитета: 64-68**



**6. Почва:** дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на водно-ледниковых и древнеаллювиальных связных песках, сменяемых рыхлыми песками с глубины до 0,5 м.

Наибольшее распространение почвы получили в Брестской и Гомельской областях. Пригодны для возделывания озимой ржи и овса, непригодны для возделывания озимой и яровой пшеницы. Наиболее окультуренные участки пригодны для возделывания озимого тритикале и ячменя.

**Балл бонитета: 26-39**

#### Репрезентативные профили почв по их пригодности для возделывания зерновых культур

районным и областным управлениям сельского хозяйства и продовольствия, Министерству сельского хозяйства и продовольствия, а также размещены на сайте Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь и опубликованы в моногра-

фии «Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика» (2017 г.).

Показатели кадастровой оценки земель применяются: для установ-

ления ставок земельного налога на сельскохозяйственные земли; оптимизации размещения посевов сельскохозяйственных культур и землепользования сельскохозяйственных организаций с учетом качества земель; определения размера убытков,

причиненных землепользователям изъятием у них земельных участков; обоснования проектов внутрихозяйственного землеустройства, схем землеустройства районов; для прогнозирования и оценки результатов хозяйственной деятельности сель-

скохозяйственных организаций; при решении других задач обеспечения

рационального использования и охраны сельскохозяйственных земель.

### Контактная информация

Шибут Леонид Иванович, 8 017 212 15 54

УДК 631.48:631.434.5

# О подходе к разработке экологической оценки степени трансформации почв естественных и сельскохозяйственных земель Республики Беларусь

С. В. Шульгина, Т. Н. Азаренок, Д. В. Матыченков,  
О. В. Матыченкова, Л. И. Шибут, кандидаты с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

Современное понятие «почва» многогранно и расширяется по мере накопления знаний об этом многоструктурном и полифункциональном объекте, который определяет условия и качество жизни на Земле. Повышение производительной способности почв за счет использования всего комплекса научных технологий, удобрений, мелиоративных мероприятий неизбежно оказывает влияние на качественные проявления почвообразовательных процессов. При этом величина соотношения положительных и отрицательных изменений зависит от решения эколого-экономической задачи – достижения компромисса между экологической допустимостью и экономической целесообразностью [А. В. Киншт, 2000; В. И. Савич, 2013].

Исследования по установлению и оценке на количественном уровне степени трансформации веществ-

ного состава, физических, химических, биологических свойств почв сельскохозяйственных земель в условиях стабильно нарастающей антропогенной нагрузки, осуществляемые в секторе агропочвоведения, цифрового картографирования и оценки почв РУП «Институт почвоведения и агрохимии», – своего рода способ контроля за современным состоянием почв, прогноза изменений свойств, управления почвообразованием с целью повышения устойчивости и продуктивности агроценозов, результаты которых в дальнейшем послужат объективным обоснованием для корректного установления экономического ущерба от деградации почв и земель.

В настоящее время в секторе разработан методический подход для проведения оценки трансформации строения, состава и свойств почв сельскохозяйственных земель респу-



С. В. Шульгина,  
ведущий научный сотрудник сектора агропочвоведения, цифрового картографирования и оценки почв



Естественная



Слабокультуренная



Среднекультуренная



Высококультуренная

Морфологический облик разновременного ряда дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках

**Таблица 1 – Шкала степени изменения отдельных критериев генетических свойств почв под влиянием антропогенного фактора**

| № | Критерий  | Индекс изменения величины критерия согласно диапазону его отклонения (%) от исходного состояния |           |          |               |
|---|---|---|-----------|----------|---------------|
|   |   | слабая  | умеренная | сильная  | очень сильная |
|   |   | 1   | 2         | 3        | 4             |
| 1 | Содержание илистой фракции                          | ≤ 5   | 5,1–15    | 15,1–30  | > 30          |
| 2 | Содержание гумуса                                   | ≤ 5   | 5,1–20    | 20,1–40  | > 40          |
| 3 | Запасы гумуса                                       | ≤ 10  | 10,1–30   | 30,1–60  | > 60          |
| 4 | Реакция почвенной среды (pH <sub>KCl</sub> )        | ≤ 5   | 5,1–20    | 20,1–35  | > 35          |
| 5 | Сумма поглощенных оснований                         | ≤ 20  | 20,1–50   | 50,1–100 | > 100         |
| 6 | Емкость поглощения                                  | ≤ 20  | 20,1–40   | 40,1–80  | > 80          |
| 7 | Степень насыщенности основаниями                    | ≤ 20  | 20,1–50   | 50,1–100 | > 100         |
| 8 | Содержание подвижного P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | ≤ 20  | 20,1–60   | 60,1–100 | > 100         |
| 9 | Содержание подвижного K <sub>2</sub> O              | ≤ 20  | 20,1–60   | 60,1–100 | > 100         |

**Таблица 2 – Оценка трансформации почв сельскохозяйственных земель под влиянием антропогенного фактора**

| Коэффициент трансформации почвы (КТП) | Категория степени трансформации почвы |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1–8                                   | слабая                                |
| 9–16                                  | умеренная                             |
| 17–24                                 | сильная                               |
| > 24                                  | очень сильная                         |

блики под влиянием антропогенного фактора и построена соответствующая шкала, позволяющая дифференцировать изменения количественных показателей почвенных критериев по степени проявления. Первый шаг решения этой задачи заключается в создании рядов основных типов естественных (принимают за исходную слабо изменяющуюся систему) и разновременных пахотных почв, идентичных по классификационному положению, местонахождению, генезису, гранулометрическому составу, строению почвообразующих и подстилающих пород, с подробной аналитической характеристикой. Морфологический облик разновременного ряда дерново-палево-подзолистых суглинистых почв, развивающихся на мощных лессовидных легких суглинках, представлен на рисунке.

Важное звено настоящего методического подхода – установление генетических критериев, в наибольшей мере отражающих изменения почвенных процессов в верхнем корнеобитаемом слое (гумусово-аккумулятивных горизонтах). С этой целью произведен расчет среднестатистических величин показателей свойств основных типов почв естественных и пахотных земель и величин отклонений (%) значений показателей почв пахотных земель от

таковых в исходном (естественном) состоянии. Согласно результатам, в качестве критериев приняты: содержание илистой фракции, реакция почвенной среды (pH<sub>KCl</sub>), содержание гумуса, запасы гумуса в 0–50 см слое, сумма поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями, содержание подвижного P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, содержание подвижного K<sub>2</sub>O гумусово-аккумулятивных горизонтов. Отметим, что перечень критериев значительно шире, но в данном случае использованы наиболее распространенные показатели.

Методом экспертной оценки определены пределы варьирования значений отклонений почвенных критериев с разделением на категории (градации), которые явились условным выражением степени изменения величины того или иного критерия генетических свойств почв. Данное построение представляет собой шкалу (таблица 1) модулей значений отклонений показателей для констатации имеющейся трансформации свойств почв по отношению к их естественным аналогам.

Разработанная шкала применима для конкретных почвенных объектов, фактическим значениям показателей свойств которых присваивается соответствующая условная степень (индекс). Индексы шкалы используются для расчета комплексного коэффициента трансформации почвы (КТП) по формуле:

$$КТП = \sum \text{индексов} - (n-1),$$

где  $\sum \text{индексов}$  – сумма числовых выражений индексов,  $n$  – количество используемых индексов.

Величине КТП присваивается соответствующая категория степени трансформации почвы, исходя из предлагаемого ранжирования: слабая, умеренная, сильная, очень сильная (таблица 2), что является ключевым этапом оценки трансформации той или иной разновидности почв сельскохозяйственных земель под влиянием антропогенного фактора.

Данный подход к разработке экологической оценки степени трансформации минеральных почв естественных и сельскохозяйственных земель республики является первым приближением и соответственно требует апробации на большом количестве почвенных разновидностей с возможными дальнейшими дополнениями, но уже сегодня представляет собой теоретическую основу для проведения прикладных исследований решения вопроса приостановления деградационных процессов в почвах пахотных земель с целью достижения долгосрочной максимальной производительности, рационального использования и охраны.

**Контактная информация**

Шульгина Светлана Владимировна 8 017 212 15 54

УДК 631.434.52

# ЭРОЗИОННАЯ ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ БЕЛАРУСИ

Н. Н. Цыбулько, доктор с.-х. наук, А. М. Устинова, А. Н. Червань, И. И. Касьяненко, С. С. Романенко, кандидаты с.-х. наук, В. Б. Цырибко, научный сотрудник  
Институт почвоведения и агрохимии

Почва – важнейший и незаменимый природный ресурс, являющийся национальным достоянием любой страны, основой жизнедеятельности человека, от рационального использования которой зависит устойчивое социально-экономическое развитие и экологическое благополучие.

Проблема деградации почвенных (земельных) ресурсов и воспроизводства их плодородия носит глобальный характер и актуальна для всех регионов мира. Во всем мире 1,96 млрд га почвенного покрова подвержено деградации, обусловленной деятельностью человека, главным образом под воздействием процессов водной и ветровой эрозии – 1,64 млрд га [L. R. Oldeman, 2001]. Ежегодный ущерб от деградации земель на нашей планете оценивается в 40 млрд долларов США, без учета стоимости увеличения расходов на использование удобрений, потери биологического разнообразия и утраты уникальных ландшафтов [The state of food and agriculture, 2012].

Озабоченность мирового сообщества в сохранении почвенного покрова и предотвращении его деградации нашло отражение в целом ряде международных мероприятий и документов. В 1982 г. ФАО приняла Всемирную хартию почв, в которой изложены основные принципы устойчивого управления почвенными ресурсами и охраны почв. Для принятия совместных действий международно-го сообщества по данной проблеме в 1994 г. в г. Париже подписана Конвенция Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и/или опустынивание [Стратегия реализации Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием..., 2010].

Конференцией Организации Объединенных Наций по устойчивому развитию «Рио+20» (2012 г., Рио-де-Жанейро) признана необходимость немедленного принятия мер по обращению вспять процесса деградации земель и осуществления целенаправленных усилий по ликвидации этого явления и обеспечения к 2020 г. нейтральной деградации земель и почв. Решающим фактором для обеспечения продовольственной безопасности признана нейтральная де-

градация (нулевой прирост деградации) почвенно-земельных ресурсов.

Проблема деградации почвенных (земельных) ресурсов, предотвращение ее дальнейшего развития и воспроизводства плодородия почв актуальна и для Беларуси, что нашло отражение в ряде национальных нормативных правовых документов. Так, Концепцией Национальной безопасности Республики Беларусь, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 9 ноября 2010 г. № 575, «...деградация земель, лесов и природных комплексов, а также радиоактивное, химическое и биологическое загрязнение почв и земель признаны одними из основных угроз национальной безопасности». Советом Министров Республики Беларусь (постановление от 29 апреля 2015 г. № 361) утверждена «Стратегия по реализации Конвенции Организации Объединенных Наций по борьбе с опустыниванием...». Разработан и утвержден этим же постановлением Правительством «Национальный план действий по предотвращению деградации земель (включая почвы) на 2016–2020 годы».

Деградация почв представляет собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функции почв, количественному и качественному ухудшению их состава, свойств и режимов, природно-хозяйственной значимости земель [Научные основы предотвращения деградации почв..., 2013].

Основными факторами деградации почвенно-земельных ресурсов, оказывающими негативное влияние на их состояние, являются факторы антропогенного характера – несбалансированное интенсивное землепользование, несоблюдение норм законодательства об охране и использовании земельных ресурсов. Угроза усиления процессов деградации почв связана также с наблюдаемыми глобальными изменениями климата, что проявляется в расширении территорий, затронутых засухами и засушливыми явлениями.

В Беларуси установлено более 20 видов и форм деградации почв и земель [А.Ф. Черныш и др., 2016]. Основными из них являются: водная и ветровая эрозия почв сельскохозяйственных земель; радиоактивное



Н. Н. Цыбулько,  
заместитель директора,  
заведующий лабораторией  
агрофизических свойств и  
защиты почв от эрозии

загрязнение земель; минерализация органического вещества торфяных почв; дегумификация и уплотнение почв; заболачивание земель.

## Распространение эродированных почв на сельскохозяйственных землях

В силу особенностей рельефа, геоморфологии, характера почвообразу-



ющих пород и интенсивной антропогенной нагрузки на почвенный покров, для Беларуси крайне актуальной является проблема эрозийной деградации почв. На территории республики эрозийные процессы проявляются во всех видах и разновидностях. Водная эрозия вызывается тальми и ливневыми водами и проявляется на склонах в виде смыва верхней части почвенного покрова (плоскостная и струйчатая эрозия) или в виде размыва в глубину (линейная эрозия). Уже на склонах 1–2 градуса проявляется плоскостная эрозия. С возрастанием крутизны она усиливается, увеличивает ложбинность полей, перерастает в линейную эрозию.

Ветровая эрозия в большинстве случаев носит местный характер и проявляется на незащищенных (открытых) массивах с минеральными легкими по гранулометрическому составу и осушенными торфяными почвами в виде повседневной ветровой эрозии (дефляции). В отдельные годы проявляются пыльные бури.

Основными критериями степени эрозийной деградации почв являются характеристики пахотного горизонта (профильная деградация), запасы и содержание гумуса (химическая деградация), плотность и пористость (физическая деградация). Определенной степени деградации соответствуют количественные показатели смыва почвы (таблица 1).

Земли на склонах с крутизной до 1° – это неэродированные и очень слабоэродированные полнопрофильные почвы. Пахотный горизонт этих

почв не нарушен. Смыв почвенного мелкозема не превышает 2,0 т/га, что соответствует уровню предельно допустимого смыва для дерново-подзолистых почв Беларуси. Запас гумуса в пахотном горизонте составляет 50 т/га и более. Данные почвы характеризуются благоприятными агрофизическими свойствами.

На склонах с крутизной 1–3° в основном располагаются слабоэродированные почвы с величиной потенциального смыва 2,1–5,0 т/га. Пахотный горизонт ( $A_n$ ) частично разрушен, к нему припахивается нижележащий подзолистый горизонт ( $A_2$ ). Запасы гумуса по сравнению с неэродированными почвами ниже на 20–30 %, заметно возрастает плотность верхнего горизонта и уменьшается пористость.

К среднеэродированным почвам относятся земли, расположенные на склонах с крутизной 3–5°. Годовой смыв мелкозема составляет здесь 5,1–10,0 т/га, что приводит к полному разрушению пахотного горизонта, распашке подзолистого и верхней части иллювиального горизонта (В). Запасы гумуса уменьшаются в 2,0–2,5 раза по сравнению с полнопрофильными почвами, резко ухудшаются агрофизические свойства.

Земли на крутых склонах (5–7°) сильно деградированы, пахотный горизонт образован из иллювиального горизонта. Среднегодовой смыв достигает 20,0 т/га мелкозема. Запасы гумуса в верхнем слое почвы – 10–15 т/га, что в пять раз ниже, чем в почвах первой группы. Плотность почвы составляет 1,50 г/см<sup>3</sup> и выше,

общая пористость снижается до 40 % и менее.

Очень сильноэродированные почвы располагаются на склонах с крутизной более 7° и потенциальным смывом более 20,0 т/га в год. Пахотный горизонт их образуется из иллювиального горизонта и подстилающей породы, что ведет к формированию крайне неблагоприятных агрономических свойств почв. Запасы гумуса не превышают 10 т/га.

В республике водной и ветровой эрозии подвержено 556,5 тыс. га сельскохозяйственных земель, что составляет 7,2 % от общей их площади. Из общей площади эродированных почв водной эрозии подвержено 473,3 тыс. га или 85 %, ветровой эрозии – 83,2 тыс. га или 15 % [Г. И. Кузнецов и др., 2001]. Эродированные почвы приурочены преимущественно к пахотным землям – 479,5 тыс. га (9,4 % от общей площади пашни), в том числе 361,7 тыс. га подвержено водной эрозии, 64,9 тыс. га – дефляции. Почвы с намытым верхом занимают на пашне 52,4 тыс. га, с навеенным верхом – 0,5 тыс. га (таблица 2).

Из общей площади почв, подверженных водной эрозии, 268,3 тыс. га (56 %) – слабоэродированные, 120,0 тыс. га (25 %) – среднеэродированные, 20,2 тыс. га (4 %) – сильноэродированные и 64,7 тыс. га (14 %) – намытые почвы. В составе почв, подверженных дефляции, слабодефлированные занимают 57,9 тыс. га (84 %), среднедефлированные – 10,5 (15 %) и сильнодефлированные – около 0,5 тыс. га (1 %).



Таблица 1 – Характеристика почв по степени эрозийной деградации

| Эродированность почв                       | Крутизна склона, град. | Смыв почвы, т/га    | Характеристика пахотного горизонта почв ( $A_n$ ) |               |                              |               |
|--|------------------------|---------------------|---|---------------|------------------------------|---------------|
|  |                        |                     | гумус   |               | плотность, г/см <sup>3</sup> | пористость, % |
|  |                        |                     | запас, т/га                                       | содержание, % |                              |               |
| Неэродированные и очень слабоэродированные | < 1                    | < 2,0 (уровень ПДС) | 50 и выше   | 1,6 и выше    | 1,15±0,14                    | 56            |
| Слабоэродированные                         | 1–3                    | 2,1–5,0             | 35–45   | 1,3±0,04      | 1,32±0,09                    | 50            |
| Среднеэродированные                        | 3–5                    | 5,1–10,0            | 20–30   | 1,0±0,03      | 1,43±0,08                    | 44            |
| Сильноэродированные                        | 5–7                    | 10,1–20,0           | 10–15   | 0,7±0,02      | 1,51±0,11                    | 40            |
| Очень сильноэродированные                  | > 7                    | > 20,0              | < 10  | 0,5±0,02      | 1,57±0,09                    | 30            |

Таблица 2 – Распределение эродированных почв по типам эрозии и степеням эродированности в Республике Беларусь

| Земли                      | Водная эрозия |                    |                     |                     |                  | Ветровая эрозия (дефляция) |                    |                     |                     |                      |
|----------------------------|---------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
|                            | всего         | из них             |                     |                     | с намытым верхом | всего                      | из них             |                     |                     | с наветренным верхом |
|                            |               | слабоэродированные | среднеэродированные | сильноэродированные |                  |                            | слабодефлированные | среднедефлированные | сильнодефлированные |                      |
| Пахотные                   | 361,7<br>7,1  | 240,1<br>4,7       | 105,3<br>2,1        | 16,3<br>0,3         | 52,4<br>1,0      | 64,9<br>1,3                | 55,5<br>1,1        | 8,8<br>0,2          | 0,6<br>0,0          | 0,5<br>0,0           |
| Под постоянными культурами | 2,6<br>5,3    | 1,8<br>3,8         | 0,6<br>1,3          | 0,1<br>0,2          | 0,4<br>0,7       | 0,1<br>0,3                 | 0,1<br>0,2         | 0,02<br>0,0         | 0,0                 | 0,00000,0            |
| Сенокосные                 | 8,5<br>0,7    | 4,9<br>0,4         | 2,5<br>0,2          | 1,1<br>0,1          | 3,4<br>0,3       | 11,0<br>1,0                | 10,7<br>0,9        | 0,3<br>0,0          | 0,01<br>0,0         | 0,05<br>0,0          |
| Пастбищные                 | 35,9<br>2,5   | 21,6<br>1,5        | 11,6<br>0,8         | 2,7<br>0,2          | 8,6<br>0,6       | 6,6<br>0,5                 | 5,9<br>0,4         | 0,6<br>0,0          | 0,04<br>0,0         | 0,06<br>0,0          |
| Сельскохозяйственные       | 408,6<br>5,3  | 268,3<br>3,5       | 120,0<br>1,5        | 20,2<br>0,3         | 64,7<br>0,8      | 82,6<br>1,1                | 72,3<br>0,9        | 9,7<br>0,1          | 0,6<br>0,0          | 0,6<br>0,0           |

Примечание – Над чертой – площадь, тыс. га; под чертой – удельный вес, %.

Площади эродированных и дефлированных почв, а также доля их в составе сельскохозяйственных земель по областям республики значительно различаются. Наибольшие площади эродированных почв, включая почвы с намытым верхом, выявлены в Минской – 130,6 тыс. га, Витебской – 121,1, Могилевской – 113,0 и Гродненской – 107,1 тыс. га областях. В Брестской области общая площадь эродированных земель составляет 50,9 тыс. га, в Гомельской области – 33,7 тыс. га. Доля эродированных почв от общей площади пахотных земель по областям распределяется следующим образом: Гродненская – 13,4 %, Могилевская – 11,2, Витебская – 10,7, Минская – 9,9, Брестская – 6,0, Гомельская – 4,0 %.

Водная эрозия преобладает в северной и центральной частях республики (Витебская область – 9,9 % от общей площади пахотных земель, Могилевская – 8,9, Минская – 8,6, Гродненская – 8,1 %). Ветровая эрозия наиболее широко распространена на юге и юго-западе республики, где преобладают минеральные легкие по гранулометрическому составу и осушенные торфяно-болотные почвы (Гомельская – 2,6 %, Брестская – 1,4 %) (рисунок 1).

По административным районам наблюдаются значительные колебания по удельному весу эродированных почв в составе пахотных земель. Минимальную площадь (менее 1 %) имеют 25 районов, в основном сосредоточены они в Гомельской и Брестской областях. В 42 районах на долю эродированных почв приходится от 1 до 5 % пахотных земель, в 28 районах – от 5 до 10 %. Наибольшие площади почв, подверженных процессам эрозионной деградации, в составе

пахотных земель (> 20 %) отмечены в Новогрудском (21,7 %), Воложинском (21,7), Кореличском (25,2), Горьковском (26,1) и Мстиславском (46,6 %) районах. Значительные площади эродированных почв имеются также в районах распространения холмисто-моренного ландшафта: Браславский – 16,6 %, Городокский – 15,0, Лепельский – 19,3 % (рисунок 2).

Доля дефлированных почв в составе сельскохозяйственных земель значительно меньше, чем почв, подверженных водной эрозии, – от 0,2 % в Могилевской области до 1,9 % в Гомельской области. В целом по республике площадь почв, подверженных процессам дефляции, составляет

1,1 % от общей площади сельскохозяйственных земель.

Развитие процессов ветровой эрозии наиболее характерно для пахотных земель, так как на луговых землях, покрытых в течение всего года растительностью, перенос почвенных частиц ветром практически отсутствует. В республике удельный вес дефлированных почв в составе пахотных земель составляет 1,3 %, в основном это слабодефлированные почвы (1,1 %). Доля дефлированных почв в составе пахотных земель по областям колеблется от 0,3 % в Могилевской области до 2,6 % в Гомельской области. Причем 2,5 % относятся к слабодефлированным почвам.

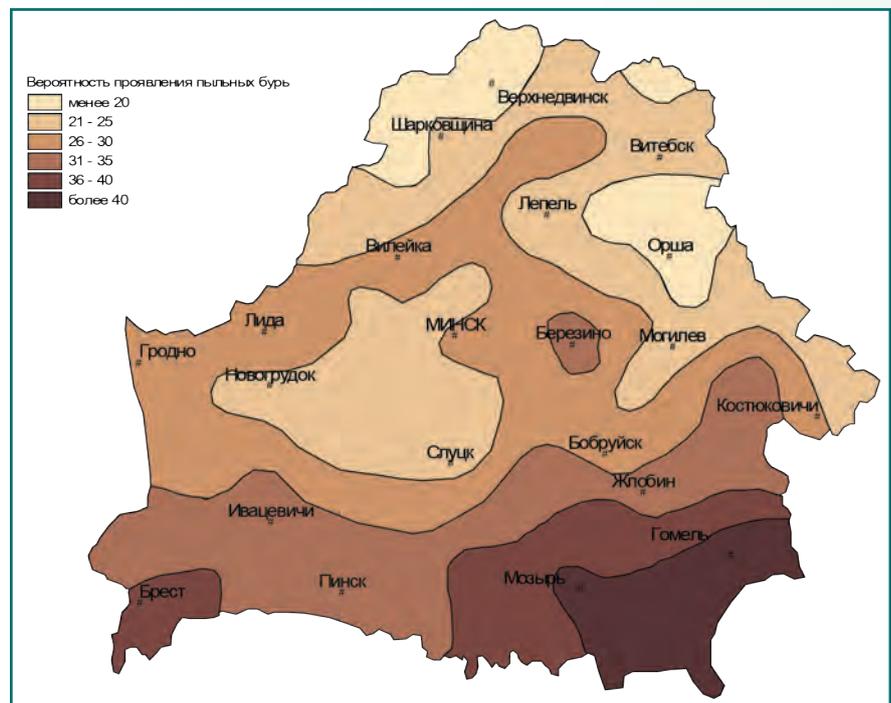


Рисунок 1 – Районирование территории по вероятности проявления экстремальной дефляции

Группировка районов по удельному весу дефлированных почв на пахотных землях показала, что к первой группе (менее 1 % дефлированных почв) относится 66 районов, ко второй (1,1–2 %) – 27, к третьей (2,1–4,0 %) –

14, к четвертой (4,1–6 %) – 9 районов. Пятая группа (более 6 % дефлированных почв) включает всего 3 района – Пружанский (6,1 %), Светлогорский (6,8) и Стародорожский (8,2 %) (рисунок 3).

**Свойства, плодородие и производительная способность эродированных почв**

**Водно-физические свойства.** Чем почвы сильнее эродированы, тем больше они отличаются от своих несмытых аналогов по минералогическому, гранулометрическому, химическому составу, физическим, агрохимическим и биологическим свойствам, водно-воздушному и тепловому режимам и другим показателям.

В процессе эрозии гранулометрический состав почв изменяется главным образом только в верхних горизонтах. Характер изменения определяется в основном степенью его однородности по глубине профиля. Если он однороден, то несмытые, слабо-, средне- и сильносмытые почвы могут существенно не отличаться друг от друга по этому признаку. Если же по профилю гранулометрический состав изменяется, то в зависимости от степени смытости почв на дневную поверхность выходят горизонты иного состава, чем верхний горизонт несмытой почвы.

Гранулометрический состав дерново-подзолистых почв изменяется в зависимости от степени их эродированности в связи со сменой гранулометрического состава нижележащих генетических горизонтов. Так, например, в дерново-палево-подзолистых почвах на лессовидных суглинках при смыве гумусового слоя и выходе на дневную поверхность элювиального горизонта гранулометрический состав пахотного слоя становится более легким. В среднеэродированной почве снижается содержание физической глины (фракций размером < 0,01 мм) и увеличивается доля крупной пыли (лессовидной части, фракций размером 0,05–0,01 мм) на 6–6,5 %. В сильноэродированной почве на поверхность выходит иллювиальный горизонт, поэтому гранулометрический состав за счет увеличения содержания илистой фракции становится тяжелее.

В дерново-подзолистых почвах, сформированных на молодых моренных отложениях (моренных суглинках) в результате смыва гумусового слоя и выхода на дневную поверхность элювиального горизонта, характеризующегося более низким содержанием физической глины и повышенным содержанием песчаных фракций, гранулометрический состав в слабосмытой почве облегчается – от легкого суглинка до супеси связной. Это характерно для почвенного покрова холмисто-моренных ландшафтов Белорусского Поозерья (таблица 3).

Характерные изменения в результате эрозии гранулометрического и

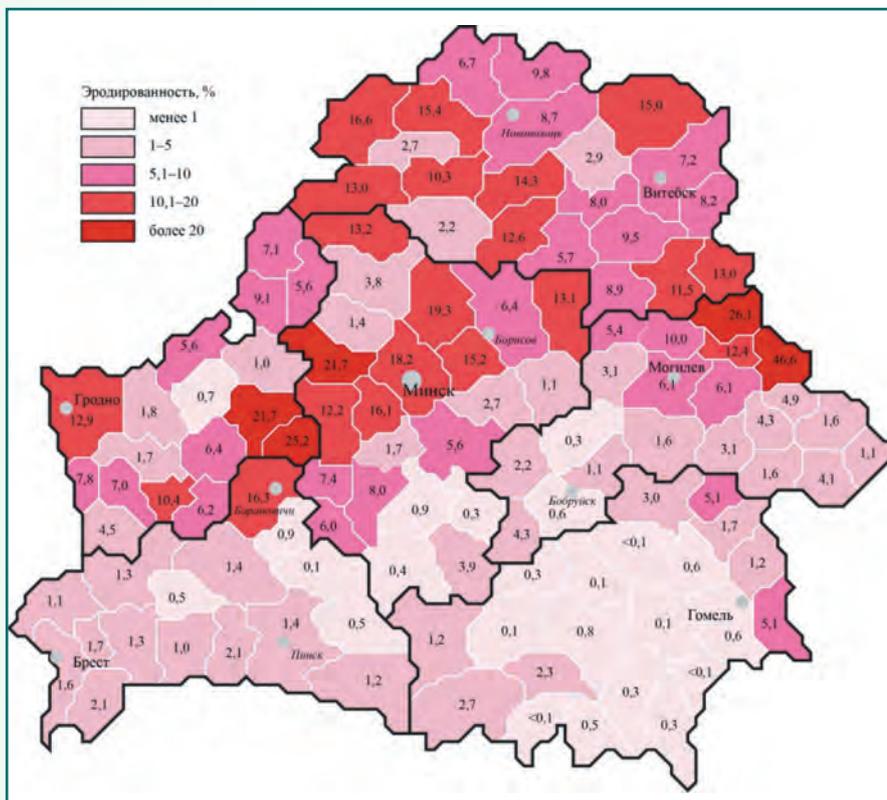


Рисунок 2 – Группировка районов по удельному весу эродированных почв в составе пахотных земель, %

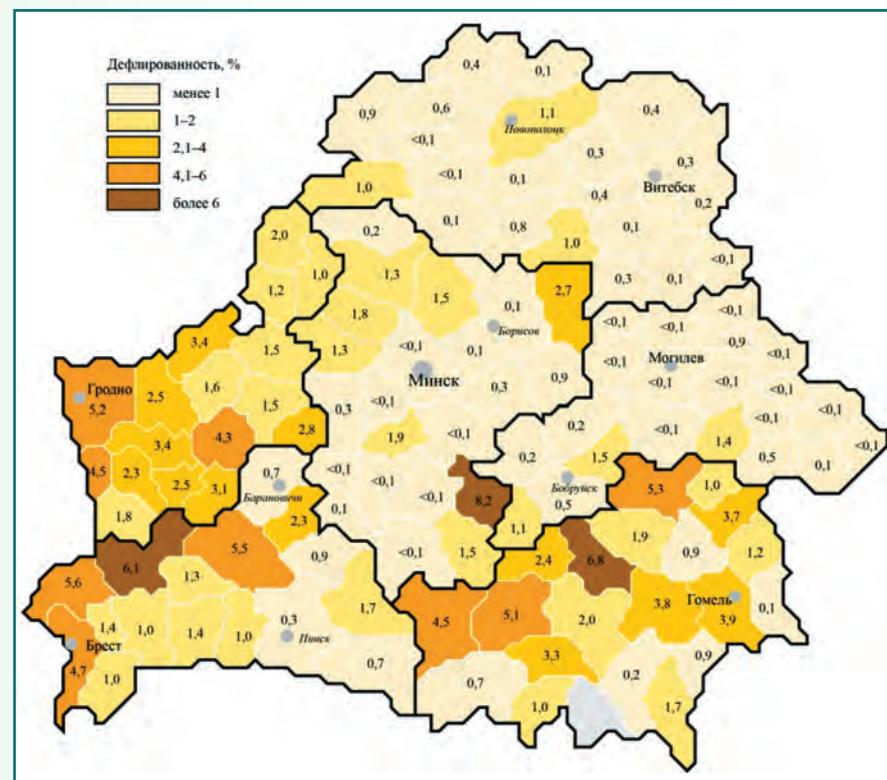


Рисунок 3 – Группировка районов по удельному весу дефлированных почв в составе пахотных земель, %

Таблица 3 – Водно-физические свойства почв разной степени смытости ( $A_n$ )

| Показатель   | Единица измерения                | Степень смытости почвы |             |              |              |         |
|--|----------------------------------|------------------------|-------------|--------------|--------------|---------|
|  |                                  | несмытая               | слабосмытая | среднесмытая | сильносмытая | намытая |
| <b>Дерново-палево-подзолистые почвы на лессовидных суглинках</b> |                                  |                        |             |              |              |         |
| Наименьшая влагоемкость  | % от массы абсолютно сухой почвы | 30,9                   |             | 25,1         | 26,0         | –       |
| Влажность завядания растений                                     |                                  | 5,17                   | 5,10        | 5,85         | 6,20         | –       |
| Максимальная гигроскопичность                                    |                                  | 2,75                   | 2,71        | 2,76         | 3,33         | –       |
| Диапазон активной влаги  | % объемный                       | 25,75                  | 22,64       | 19,23        | 19,81        | –       |
| Плотность твердой фазы   | г/см <sup>3</sup>                | 2,61                   | 2,62        | 2,63         | 2,65         | –       |
| Плотность почвы  |                                  | 1,27                   | 1,39        | 1,42         | 1,52         | –       |
| Общая пористость   | %                                | 51                     | 49          | 46           | 42           | –       |
| <b>Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках</b>           |                                  |                        |             |              |              |         |
| Наименьшая влагоемкость  | % от массы абсолютно сухой почвы | 25,7                   | 19,0        | 21,0         | 21,2         | 26,6    |
| Влажность завядания растений                                     |                                  | 3,73                   | 3,70        | 4,80         | 4,84         | 4,23    |
| Максимальная гигроскопичность                                    |                                  | 2,48                   | 2,46        | 3,20         | 3,23         | 2,02    |
| Диапазон активной влаги  | % объемный                       | 21,97                  | 15,30       | 16,20        | 16,36        | 22,37   |
| Плотность твердой фазы   | г/см <sup>3</sup>                | 2,61                   | 2,63        | 2,65         | 2,68         | 2,69    |
| Плотность почвы  |                                  | 1,41                   | 1,45        | 1,52         | 1,58         | 1,60    |
| Общая пористость   | %                                | 45                     | 44          | 44           | 41           | 41      |

минералогического состава оказывают влияние на другие физические показатели почвы, которые должны быть различными в почвах, образовавшихся на отдельных элементах склона и в разной степени подверженных эрозии.

Наиболее устойчивым показателем является плотность твердой фазы почвы. Величина ее исключительно зависит от минералогического состава почвы. Пределы колебания плотности твердой фазы почв дерново-подзолистого типа сравнительно незначительные – в основном от 2,5 до 2,7 г/см<sup>3</sup>. Однако замечено, что даже при таком незначительном повышении данного показателя почвы имеют большую склонность к слеживанию и заплыванию, особенно при недостаточном содержании органического вещества и плохой структуре.

В результате эрозии, при смыве верхних, обогащенных органическим веществом, слоев почвы и выходе на поверхность иллювиальных горизонтов, плотность твердой фазы почвы повышается за счет припахивания горизонтов, обогащенных железистыми соединениями [В. В. Жилко, 1976].

С увеличением степени смытости плотность твердой фазы возрастает с 2,61 в несмытой до 2,65–2,69 – в сильносмытых почвах. Аналогично увеличивается и плотность сложения почвы – с 1,27 до 1,52 г/см<sup>3</sup> (дерново-палево-подзолистая почва на лессовидном суглинке) и с 1,41 до 1,60 г/см<sup>3</sup> (дерново-подзолистая почва на моренном суглинке). Повышение плотности эродированных почв связано как с более плотным сложением прилигившихся к поверхности нижних

горизонтов, так и с относительным увеличением содержания в почве минеральной части и уменьшением органической.

В зависимости от времени, прошедшего после обработки почвы, различия в плотности пахотного слоя смытых и несмытых почв может быть различной. Сразу после вспашки она бывает незначительной, а с течением времени проявляется более резко. Уплотнение почвы, затрудняя инфильтрацию осадков, способствует увеличению склонового стока.

Пористость почвы является величиной, производной от плотности твердой фазы и плотности сложения почвы. Этот показатель характеризует условия водно-воздушного режима и играет существенную роль в плодородии. Общая пористость от несмытых к сильносмытым почвам уменьшается: в дерново-палево-подзолистых почвах на лессовидных суглинках – с 51 до 42 %, в дерново-подзолистых почвах на моренных суглинках – с 45 до 41 %.

Изучение наиболее важных почвенно-гидрологических констант, которые характеризуют режим влаги в почве, способность ее к передвижению внутри почвенного профиля и степень доступности растениям, показывает, что значение их изменяется в зависимости от степени смытости почв.

Наименьшей максимальной гигроскопичностью, представляющей собой наибольшее количество пароводяной влаги, которое почва может поглотить из воздуха при 100 % насыщении его влагой, характеризуются пахотные горизонты несмытых

и слабосмытых почв: 2,71–2,75 % – почвы на лессовидном суглинке и 2,46–2,48 % – почвы на моренном суглинке. Значение этого показателя на сильносмытых почвах возрастает до 3,23–3,33 %. Увеличение гигроскопичности в сильносмытых почвах объясняется припахиванием иллювиального горизонта.

Влагоемкость и влажность смытых почв соответственно на 4–7 и 2–5 % ниже, чем несмытых. Влажность завядания, характеризующая количество содержащейся в почве влаги, недоступной растениям, возрастает на средне- и сильносмытых почвах по сравнению с несмытой и слабосмытой. В свою очередь диапазон активной влаги с повышением степени смытости почвы резко снижается. Ухудшаются и другие водно-физические показатели.

Уплотнение, снижение пористости, влагоемкости и ухудшение структуры почвы способствует увеличению объема жидкого стока и развитию эрозии.

**Микробиологическая активность.** Эродированные почвы характеризуются снижением биологической активности. Продуцирование CO<sub>2</sub> (в мг CO<sub>2</sub>/100 г почвы за 72 часа) с увеличением степени смытости снижается с 1,51 в несмытой до 1,32 – в сильносмытой почве.

В результате эрозии наблюдается изменение ферментативной активности почвы. Активность инвертазы, характеризующая углеводный обмен почвы и тесно связанная с содержанием гумуса, снижается от несмытой к сильносмытой почве с 1,51 до 1,32 (в мг глюкозы/на 10 г почвы за 4 часа).

Существует мнение, что по снижению активности инвертазы можно устанавливать степень смывости почвы (таблица 4).

**Агрохимические показатели плодородия.** Водная эрозия приводит к разрушению верхнего, наиболее плодородного гумусового слоя и формированию почв различной степени смывости с ухудшенными агрохимическими показателями. Изменения агрохимических свойств смывтых почв связаны как с выносом тех или иных элементов питания, так и в не меньшей степени с припахиванием нижних горизонтов в связи со смывом почв. Наиболее заметен вынос из пахотного слоя тех элементов, которые содержатся в верхнем слое почвы в наибольших количествах.

Смывтые почвы существенно отличаются от полнопрофильных прежде всего уменьшенными запасами и содержанием гумуса, что больше всего ухудшает их плодородие. Снижение запасов гумуса обуславливается уменьшением его содержания и мощ-

ности гумусового горизонта, а также приближением к поверхности менее гумусированных горизонтов почвы (рисунок 4).

Содержание гумуса в пахотном слое почв изменяется не только в связи со смывом наиболее гумусированного верхнего горизонта и подпахивания менее гумусированного нижележащего слоя, но и вследствие намыва частиц и агрегатов с вышележащего склона. В местах уменьшения уклона склонов, при вогнутом их профиле, намыв в значительной части компенсирует смыв. Поэтому слабосмывтые почвы по содержанию гумуса в верхнем горизонте часто мало отличаются от несмывтых и только в средне- и сильносмывтых почвах запасы его резко снижаются. Так, если на слабосмывтых почвах уменьшение составляет 15–20 %, то на средне-смывтых – до 40 %, а на сильносмывтых почвах – свыше 40 %. При одинаковой степени эродированности более низким содержанием характеризуются почвы, расположенные на склонах

южных экспозиций, что объясняется в основном более бедным растительным покровом и большей интенсивностью смыва почв по сравнению со склонами северных экспозиций.

Содержание азота в почвах находится в тесной зависимости от содержания гумуса, поэтому распределение его по элементам склона подчиняется той же закономерности, что и распределение гумуса. Чем почвы более эродированы, тем меньше они содержат общего азота и его различных фракций. Запасы общего азота в пахотном в 0–40 см слое дерново-подзолистых почв составляют около 4,5 т/га, на средне- и сильносмывтых почвах снижаются до 2,8 и 2,5 т/га соответственно, т. е. в 1,5–2,0 раза. Наряду со снижением содержания в эродированных почвах общего азота одновременно существенно изменяется содержание его легкогидролизуемых и минеральных форм. В средне- и сильноэродированных почвах уменьшается по отношению к неэродированной почве запас лег-

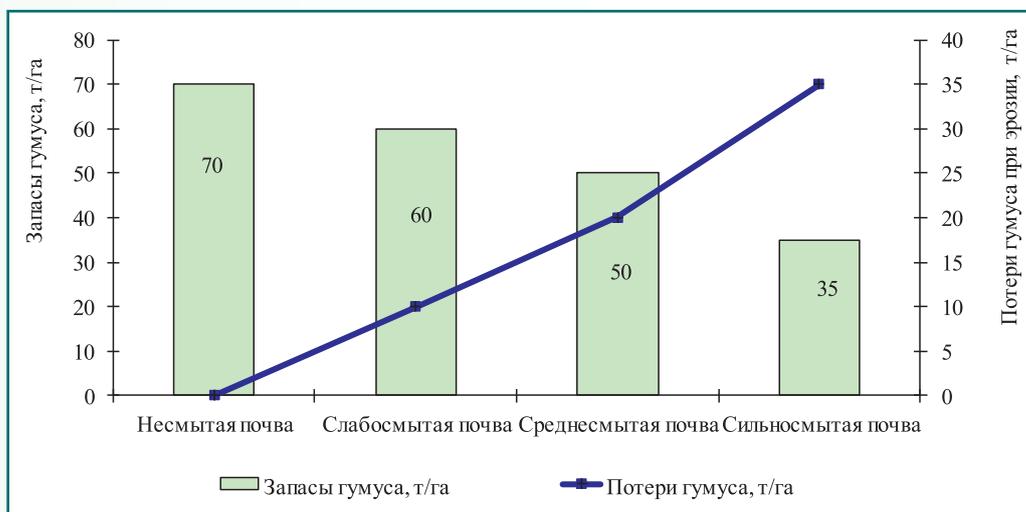


Рисунок 4 – Запасы и потери гумуса из пахотного (A<sub>n</sub>) слоя эродированных почв

Таблица 4 – Агрохимические показатели плодородия почв (A<sub>n</sub>) разной степени смывости

| Степень смывости почвы   | Микробиологическая активность почв                                |   | Агрохимические показатели плодородия почв |                      |                    |                           |                          |   |                               |
|--|---|---|---|----------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------|---|-------------------------------|
|  | эмиссия CO <sub>2</sub> , мг CO <sub>2</sub> /100 г почвы за 72 ч | инвертазная активность почвы, мг глюк./на 10 г почвы за 4 ч | pH <sub>KCl</sub>                         | содержание гумуса, % | запас гумуса, т/га | N <sub>общий</sub> , т/га | N <sub>мин</sub> , кг/га | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы | K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы |
| <b>Дерново-палево-подзолистые почвы на лессовидных суглинках</b> |   |   |   |                      |                    |                           |                          |   |                               |
| Несмытая   | –   | 8,0   | 5,75                                      | 1,83                 | 52,3               | 4,27                      | 65                       | 261   | 230                           |
| Среднесмытая   | –   | 7,0   | 5,60                                      | 1,54                 | 45,2               | 2,83                      | 55                       | 237   | 190                           |
| Сильносмытая   | –   | 6,7   | 5,51                                      | 1,09                 | 32,8               | 2,47                      | 50                       | 230   | 170                           |
| Намытая  | –   | –   | 5,74                                      | 1,59                 | 49,4               | 3,51                      | 65                       | 236   | 221                           |
| <b>Дерново-подзолистые почвы на моренных суглинках</b>           |   |   |   |                      |                    |                           |                          |   |                               |
| Несмытая   | 1,51  | 7,6   | 6,74                                      | 2,04                 | 58,3               | –                         | –                        | 230   | 123                           |
| Слабосмытая  | 1,43  | 7,5   | 6,62                                      | 1,76                 | 51,7               | –                         | –                        | 200   | 100                           |
| Сильносмытая   | 1,32  | 7,1   | 6,42                                      | 1,00                 | 30,1               | –                         | –                        | 152   | 91                            |
| Намытая  | 1,44  | –   | 6,81                                      | 1,61                 | 50,0               | –                         | –                        | 264   | 144                           |

когидролизующих соединений на 70–120 кг/га (22–32 %), минерального азота – на 10–15 кг/га (54–65 %).

Различия в кислотности ( $pH_{KCl}$ ) как несмытых, так и в разной степени смытых почв связаны с влиянием особенностей почвообразующих пород и их гранулометрического состава, то есть реакция почвенного раствора эродированных почв определяется теми породами, на которых они сформировались, и глубиной их выщелачивания. Кислотность намывных почв определяется реакцией среды смытого материала. Как показывают данные, реакция почвенной среды незначительно изменяется от эродированности почвы. По градации кислотности разные по смытости почвы входят в одну и ту же группу с несмытыми почвами.

Основными факторами, определяющими содержание подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) и обменного калия ( $K_2O$ ) как в смытых, так и в несмытых почвах, являются характер почвообразующей породы, содержание в ней данных элементов и степень окульту-

ренности почвы. Поэтому не всегда с увеличением степени смытости почвы пропорционально уменьшается содержание фосфора и калия. Однако доступных для растений соединений их в эродированных почвах всегда меньше, чем в неэродированных. При систематическом применении фосфорных и калийных удобрений хотя и наблюдается снижение подвижного фосфора и обменного калия в пахотном слое с увеличением смытости почв, однако оно не столь значительное. Несмытые и в разной степени смытые почвы по содержанию  $P_2O_5$  и  $K_2O$  относятся практически к одной градации обеспеченности.

Таким образом, в результате эрозионных процессов, когда смываются верхние и на поверхность выходят нижележащие горизонты или почвообразующие породы, пахотные горизонты эродированных почв формируются на этих горизонтах. Поэтому свойства их определяются свойствами распаханых горизонтов. Изменение гранулометрического состава почв под влиянием смыва происходит в

зависимости от первоначального гранулометрического состава несмытых почв и смены его по генетическим горизонтам, захватывания нижележащих горизонтов. Смыв приводит к ухудшению водно-физических свойств почв – снижается наименьшая влагоемкость, диапазон активной влаги, плотность сложения, плотность твердой фазы почвы, общая пористость, увеличивается максимальная гигроскопичность и влажность завядания растений (рисунок 5).

Агрохимические свойства эродированных почв определяются свойствами распаханых горизонтов. Смытые почвы существенно отличаются от полнопрофильных прежде всего уменьшенными запасами и содержанием гумуса и азота, что больше всего ухудшает их плодородие и отрицательно влияет на продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур. Вместе с тем на улучшение агрохимических показателей в большей степени, чем на другие свойства смытых почв, можно воздействовать применением органических

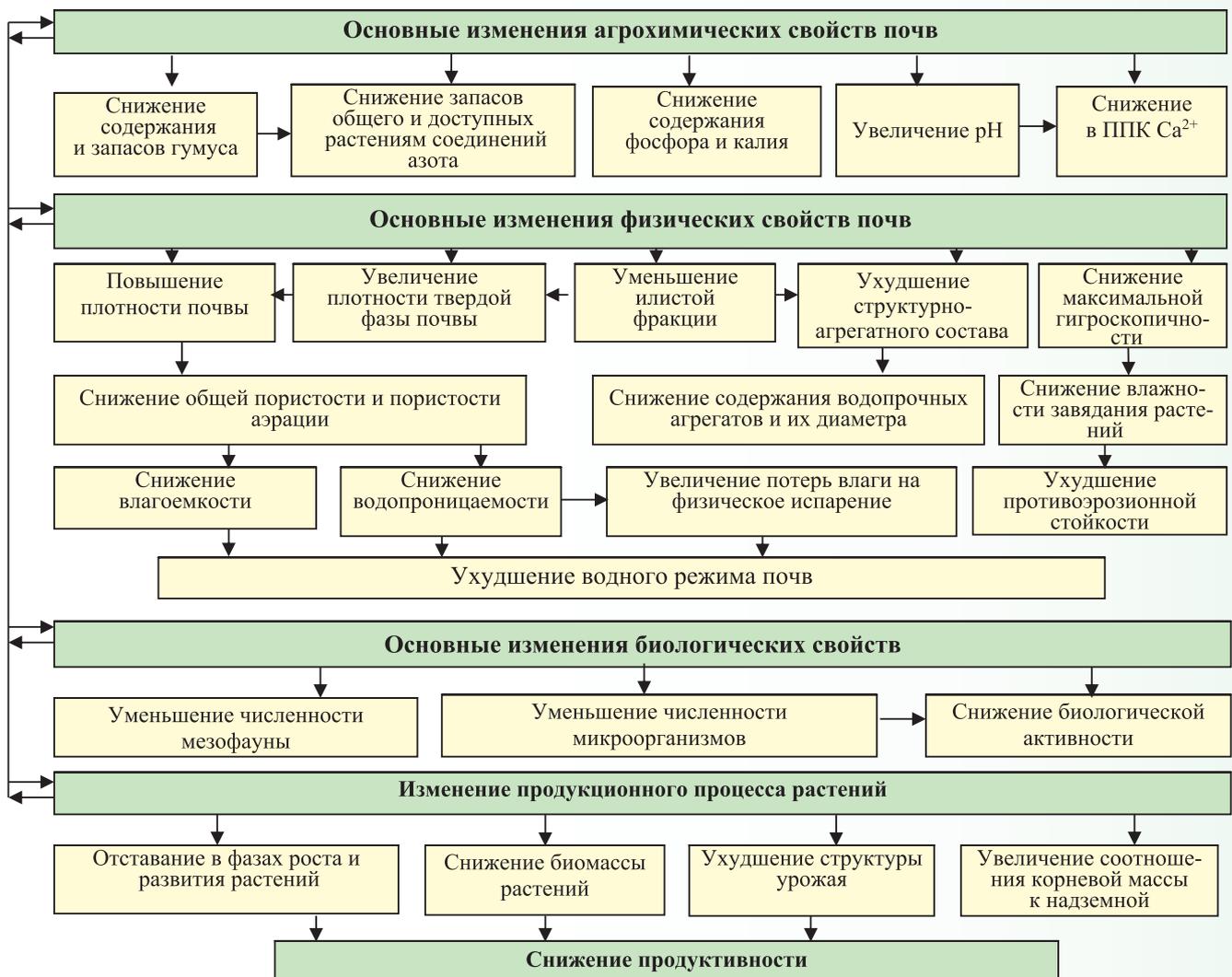


Рисунок 5 – Основные изменения, происходящие в почвах при их смыве, и влияние эродированности на продукционный процесс растений

и минеральных удобрений. Снижение в смытых почвах численности мезофауны и микрофлоры, содержания гумуса и азота обуславливает более низкую их биологическую активность.

**Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур на эродированных почвах.** Эрозионные процессы наносят существенный экономический ущерб. Потери гумуса и элементов питания, ухудшение агрофизических, биологических и агрохимических свойств отрицательно сказываются на производительной способности почв и урожайности возделываемых на них сельскохозяйственных культур (рисунок 6).

В наибольшей степени реагируют на эродированность почвы пропашные культуры, урожайность которых снижается на слабосмытых почвах на 20 %, на среднесмытых – на 40 % и на сильносмытых почвах – на 60 %. Недоборы урожая зерновых и зернобобовых культур на слабоэродированных почвах в среднем составляют

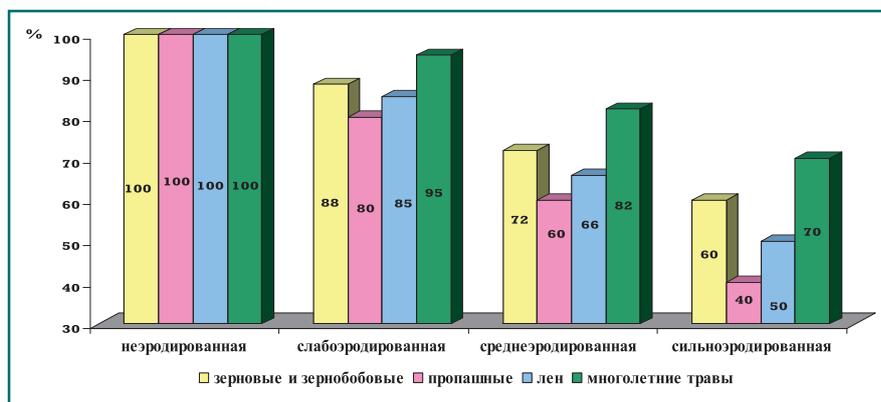


Рисунок 6 – Снижение урожайности сельскохозяйственных культур на эродированных почвах, %

12 %, на среднеэродированных – 28 % и на сильноэродированных почвах – 40 %. Продуктивность многолетних трав может уменьшаться в зависимости от эродированности почвы на 5–30 %.

#### Контактная информация

Цыбулько Николай Николаевич 8 017 212 08 10

УДК 631.821.1

## ИЗВЕСТКОВАНИЕ КИСЛЫХ ПОЧВ В КОМПЛЕКСЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СОХРАНЕНИЮ И ПОВЫШЕНИЮ ИХ ПЛОДОРОДИЯ

В. В. Лапа, И. М. Богдевич, Г. В. Пироговская, доктора с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

Сельскохозяйственные угодья республики расположены преимущественно на дерново-подзолистых и торфяно-болотных почвах, характеризующихся в естественном состоянии повышенной кислотностью. Повышенная кислотность почв лимитирует получение урожаев большинства культур с хорошим качеством продукции. Радикальным средством нейтрализации избыточной почвенной кислотности является известкование. Известь устраняет или снижает вредную для большинства сельскохозяйственных культур кислотность почвы и связанное с ней токсичное действие на них подвижных форм алюминия и высоких концентраций марганца и железа. Она способствует переходу в доступное для растений состояние различных питательных веществ – соединений азота, фосфора, калия, молибдена и других; обогащает почву необхо-

димыми элементами питания растений – кальцием, магнием; создает условия для более эффективной жизнедеятельности полезных микроорганизмов; в значительной мере повышает эффективность применения на кислых почвах органических и минеральных удобрений; снижает поступление в растения радионуклидов и тяжелых металлов; улучшает агрофизические свойства почвы. Учитывая огромную роль кислотности в общем состоянии плодородия почв, известкование кислых почв в нашей стране финансируется из средств государственного бюджета.

Интенсивное известкование кислых почв в республике начало проводиться с 1970 г. под научно-методическим руководством Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии. В основу этих работ были положены результаты крупномасштабного агрохимиче-

ского обследования почв и опытные данные по оптимальным дозам известковых материалов, необходимых для нейтрализации почвенной кислотности.

Сельскохозяйственные культуры по-разному относятся к почвенной кислотности. Выделяют культуры – кальциефобы, т. е. отрицательно реагирующие на избыток кальция в почвенном растворе (лен, картофель), и культуры – кальциефилы, которые формируют высокую урожайность при кислотности почвы, близкой к нейтральной (сахарная свекла, озимая пшеница). Для большинства же культур оптимальной является кислотность почв с показателем pH в интервале от 5,7 до 6,0. Поскольку в севообороте возделываются разные культуры по отношению к кислотности, то в основу методики проведения известкования кислых почв положен принцип оптимизации реакции по-

чвенной среды в целом для севооборота, а не отдельной культуры, например, для льна или сахарной свеклы. Известь действует на протяжении 4 лет, поэтому цикл известкования повторяется каждые 4 года.

По степени кислотности почвы подразделяются на 7 групп (таблица 1).

Известкование кислых почв проводится строго в соответствии с научно обоснованными нормативами в зависимости от показателя почвенной кислотности (рН в KCl). Степень кислотности почв определяется областными проектно-изыскательскими станциями по химизации сельского хозяйства при крупномасштабном агрохимическом обследовании почв один раз в четыре года. На основании этих материалов разрабатывается проектно-сметная документация на известкование кислых почв для всех хозяйств республики. В этом документе в зависимости от гранулометрического состава почвы, показателя кислотности (рН), содержания гумуса в почве рассчитывается доза известкового мелиоранта, как правило – это доломитовая мука (95 % CaCO<sub>3</sub> и более), но может применяться также мел и дефекат. Частичная замена доломитовой муки дефекатом является эффективным путем энергосбережения, так как он является отходом свеклосахарного производства и нуждается в утилизации. В сухом виде дефекат содержит 63–80 % CaCO<sub>3</sub>, до 10–15 % органического вещества, 0,2–0,5 % азота, 0,2–0,7 % фосфора, 0,6–1,0 % калия. На сахарных заводах республики ежегодно накапливается 150 тыс. т и более дефеката, использование которого позволит решать и экологические проблемы утилизации отходов.

Определяется также стоимость проведения известкования, включающая стоимость разработки проектно-сметной документации, стоимость из-

весткового мелиоранта, а также стоимость непосредственного внесения известкового материала в почву.

#### Известкованию подлежат:

- дерново-подзолистые песчаные и супесчаные почвы пашни, сенокосов и пастбищ с показателем рН 5,5 и ниже;
- дерново-подзолистые суглинистые и глинистые почвы с рН 6,0 и ниже;
- торфяно-болотные почвы с рН 5,0 и ниже;
- почвы рекультивируемых земель (выработанные торфяники, карьерные участки и др.), если кислотность пахотного слоя имеет рН 5,5 и ниже.

Известкование кислых почв проводится согласно проектно-сметной документации и в рекомендуемых дозах. С 2018 г. основным документом для проведения известкования кислых почв будет технический регламент, утвержденный Советом Министров Республики Беларусь.

При проведении работ по известкованию выделяется мелиоративное (основное) – на почвах I и II групп кислотности и поддерживающее известкование, рассчитанное на ком-

пенсацию подкисляющих факторов на почву, при относительно благоприятном исходном уровне кислотности – на почвах III и IV групп по типам севооборотов в зависимости от их насыщения кальциефобными и кальциефильными культурами (таблица 2). Поэтому первоочередное известкование проводится на почвах, наиболее потенциально плодородных и более кислых, где достигается наивысший эффект.

В настоящее время большое внимание уделяется подбору почв для выращивания отдельных сельскохозяйственных культур с учетом пригодности их для формирования высокой урожайности. В этом плане особое внимание следует уделить культурам – кальциефобам. Севообороты с льном, картофелем и люпином должны быть вынесены отдельно, и известкование в них нужно проводить только при рН ниже 5,5 (песчаные почвы с рН 5,25 и менее). Почвы четвертой группы с рН более 5,5 в таких севооборотах не известкуются, и это отражено в “Инструкции о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель” (Минск, 2008 г.). Дозы известковых мелиорантов диф-

Таблица 1 – Градации почв по степени кислотности

| Группа | Степень кислотности                 | Почвы       |                  |
|--------|-------------------------------------|-------------|------------------|
|        |                                     | минеральные | торфяно-болотные |
| 1      | сильнокислые                        | менее 4,5   | менее 4,0        |
| 2      | среднекислые                        | 4,51–5,00   | 4,01–4,50        |
| 3      | кислые                              | 5,01–5,50   | 4,51–5,00        |
| 4      | слабокислые                         | 5,51–6,00   | 5,01–5,50        |
| 5      | близкие к нейтральным               | 6,01–6,50   | 5,51–6,00        |
| 6      | близкие к нейтральным и нейтральные | 6,51–7,00   | 6,01–6,50        |
| 7      | нейтральные и слабощелочные         | более 7,00  | более 6,50       |

Таблица 2 – Оптимальные интервалы кислотности (рН) для возделывания сельскохозяйственных культур

| Почвы                                 | Оптимальные интервалы кислотности |   |  |  |
|---------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|
|                                       | в среднем                         | в том числе по типам севооборотов                 |  |  |
|                                       |                                   | с льном, картофелем, люпином, овсом, озимой рожью | зернотравяно-пропашные с кукурузой, корнеплодами | зерно-свекловичные, прифермские (клевер, люцерна), овощекормовые |
| Дерново-подзолистые:                  |                                   |   |  |  |
| песчаные                              | 5,3–5,8                           | 5,3–5,5   | 5,5–5,8  | 5,5–5,8  |
| супесчаные                            | 5,5–6,2                           | 5,5–5,8   | 5,6–6,0  | 5,8–6,2  |
| суглинистые                           | 5,5–6,7                           | 5,5–6,0   | 6,1–6,5  | 6,5–6,7  |
| Торфяно-болотные                      | 5,0–5,3                           | –   | –  | –  |
| Минеральные почвы сенокосов и пастбищ | 5,8–6,2                           | –   | –  | –  |

ференцируются в зависимости от гранулометрического состава почв и степени их кислотности для пахотных почв (таблица 3) и сенокосов и пастбищ (таблица 4).

Известкование кислых почв в зоне радиоактивного загрязнения является важной мерой по снижению поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию, прежде всего стронция-90, поскольку кальций и стронций являются антагонистами. Чем больше в почвенно-поглощающем комплексе содержится кальция, тем меньше поступает в растения стронция-90. Минимальное накопление радионуклидов наблюдается при оптимальных показателях реакции почвенной среды (рН в КСl), которые для суглинистых почв соответствуют V группе кислотности, супесчаных почв – IV–V группе, песчаных и торфяно-болотных почв – IV группе кис-

лотности. В целях скорейшей оптимизации реакции среды на почвах этой зоны следует использовать повышенные дозы извести согласно действующей инструкции, рассчитанные по расходу CaCO<sub>3</sub> для достижения оптимального уровня кислотности почвы и дифференцированные по уровню радиоактивного загрязнения, виду сельскохозяйственных земель, гранулометрическому составу почв и содержанию гумуса.

К загрязненным радионуклидами почвам, на которых требуется дополнительное внесение известковых удобрений, относятся почвы с уровнем загрязнения 1,0–40,0 Ки/км<sup>2</sup> по цезию-137 и 0,15–3,0 Ки/км<sup>2</sup> по стронцию-90. Следует помнить, что основной целью известкования в загрязненной радионуклидами зоне является не энергосбережение и наибольшая удельная отдача от извести, а макси-

мально возможное снижение поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию.

В результате проводимого известкования количество кислых почв сельскохозяйственных угодий постоянно уменьшается. В 1970 г. количество кислых почв, подлежащих известкованию, составляло в республике 5465 тыс. га, и при принятом пятилетнем цикле ежегодно известковалось чуть более 1 млн га. Объем применяемой доломитовой муки при этом достигал 5,2 млн т или в расчете на 1 га – 5,2 т (таблица 5).

Для поддержания оптимальной реакции и насыщенности поглощающего комплекса почв обменными формами кальция и магния необходимо ежегодно проводить известкование на площади 474 тыс. га пахотных и луговых земель с внесением 2,2 млн т известковых мелиорантов



Таблица 3 – Средние дозы известковых удобрений (т/га CaCO<sub>3</sub>) для известкования кислых почв пахотных земель

| Группы почв                   | Содержание гумуса, % | рН солевой вытяжки |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------------|----------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                               |                      | 4,25 и ниже        | 4,26–4,50 | 4,51–4,75 | 4,76–5,00 | 5,01–5,25 | 5,26–5,50 | 5,51–5,75 | 5,76–6,00 |
| <b>Минеральные</b>            |                      |                    |           |           |           |           |           |           |           |
| Песчаные                      | менее 1,50           | 5,0                | 4,5       | 4,0       | 3,5       | 3,0       | 2,5       | –         | –         |
|                               | 1,51–3,00            | 5,5                | 5,0       | 4,5       | 4,0       | 3,5       | 3,0       | –         | –         |
|                               | более 3,00           | 6,0                | 5,5       | 5,0       | 4,5       | 4,0       | 3,5       | –         | –         |
| Рыхлосупесчаные               | менее 1,50           | 5,5                | 5,0       | 4,5       | 4,0       | 3,5       | 3,0       | –         | –         |
|                               | 1,51–3,00            | 6,0                | 5,5       | 5,0       | 4,5       | 4,0       | 3,5       | –         | –         |
|                               | более 3,00           | 6,5                | 6,0       | 5,5       | 5,0       | 4,5       | 4,0       | –         | –         |
| Связносупесчаные              | 2,0 и менее          | 6,5                | 6,0       | 5,5       | 5,0       | 4,5       | 4,0       | –         | –         |
|                               | более 2,0            | 7,5                | 7,0       | 6,5       | 6,0       | 5,5       | 4,5       | –         | –         |
| Легко- и среднесуглинистые    | 2,0 и менее          | 8,0                | 7,5       | 7,0       | 6,5       | 6,0       | 5,0       | 4,5       | 3,5       |
|                               | более 2,0            | 9,0                | 8,5       | 8,0       | 7,5       | 7,0       | 6,0       | 5,0       | 4,0       |
| Тяжелосуглинистые и глинистые | любое                | 10,0               | 9,5       | 9,0       | 8,5       | 8,0       | 7,0       | 6,0       | 5,0       |
| <b>Торфяные</b>               |                      |                    |           |           |           |           |           |           |           |
| Торфяные                      | –                    | 8,0 (12,0)*        | 6,5       | 5,0       | 3,0       | –         | –         | –         | –         |

Примечание – \*Для почв с рН 4,0 и ниже.

Таблица 4 – Средние дозы известковых удобрений (т/га CaCO<sub>3</sub>) для известкования кислых почв сенокосов и пастбищ

| Группы почв                   | рН солевой вытяжки |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                               | 4,25 и менее       | 4,26–4,50 | 4,51–4,75 | 4,76–5,00 | 5,01–5,25 | 5,26–5,50 | 5,51–5,75 | 5,76–6,00 |
| <b>Минеральные</b>            |                    |           |           |           |           |           |           |           |
| Песчаные                      | 6,0                | 5,5       | 5,0       | 4,5       | 4,0       | 3,5       | –         | –         |
| Рыхлосупесчаные               | 6,5                | 6,0       | 5,5       | 5,0       | 4,5       | 4,0       | –         | –         |
| Связносупесчаные              | 7,5                | 7,0       | 6,5       | 6,0       | 5,5       | 4,5       | –         | –         |
| Легко- и среднесуглинистые    | 9,0                | 8,5       | 8,0       | 7,5       | 7,0       | 6,0       | 5,0       | 4,0       |
| Тяжелосуглинистые и глинистые | 10,0               | 9,5       | 9,0       | 8,5       | 8,0       | 7,0       | 6,0       | 5,0       |
| <b>Торфяные</b>               |                    |           |           |           |           |           |           |           |
| Торфяные                      | 8,0<br>(12,0)*     | 6,5       | 5,0       | 3,0       | –         | –         | –         | –         |

Примечание – \*Для почв с рН 4,0 и ниже.

Таблица 5 – Динамика ежегодных объемов работ по известкованию кислых почв (1971–2016 гг.)

| Годы      | Средневзвешенный рН | Наличие кислых почв, тыс. га | Ежегодно                 |                           |      |
|-----------|---------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------------|------|
|           |                     |                              | произвестковано, тыс. га | внесено CaCO <sub>3</sub> |      |
|           |                     |                              |                          | тыс. т                    | т/га |
| 1971–1975 | 5,19                | 5465                         | 1007                     | 5318                      | 5,2  |
| 1976–1980 | 5,44                | 5313                         | 1244                     | 5655                      | 4,5  |
| 1981–1985 | 5,61                | 4726                         | 1063                     | 5159                      | 4,8  |
| 1986–1999 | 5,81                | 3849                         | 1072                     | 5412                      | 5,0  |
| 1991–1993 | 5,89                | 3315                         | 846                      | 4280                      | 5,1  |
| 1994–1997 | 5,99                | 2917                         | 420                      | 2161                      | 5,1  |
| 1998–2001 | 5,98                | 2179                         | 348                      | 1746                      | 5,0  |
| 2002–2005 | 5,98                | 2037                         | 443                      | 2162                      | 4,9  |
| 2006–2008 | 5,95                | 1896                         | 445                      | 2056                      | 4,6  |
| 2009–2010 | 5,90                | 1896                         | 418,1                    | 1968,9                    | 4,0  |
| 2011–2012 | 5,89                | 1896                         | 336,5                    | 1579,0                    | 4,7  |
| 2013–2016 | 5,84                | 1896                         | 1096,8                   | 1100                      | 4,0  |

(доломитовой муки, дефеката, сапропеля, мела) в пересчёте на CaCO<sub>3</sub>.

Фактически за 2008–2010 гг. было внесено 88 % требуемого количества извести с колебаниями по областям 74–100 %. В последующие годы дефицит финансирования нарастал, и за период 2013–2016 гг. было внесено извести в целом по республике только 58 % от потребности.

Следует отметить, что планы известкования кислых почв не являются неизменными и поэтому ежегодно корректируются на основании данных агрохимического обследования и изменения экспликации сельскохозяйственных земель Республики Беларусь.

Известкование кислых почв проводит районное объединение «Агро-

сервис», однако агрохимическая и экономическая эффективность известкования кислых почв в большой мере зависит от агрономов хозяйств, которые должны смотреть за качеством проведения этих работ.

В республике постоянно проводится мониторинг состояния почвенной кислотности, и, как показывают результаты этого мониторинга, некоторые вопросы также требуют оперативных решений, в частности, выполнение объемов известкования, которые в последние годы ниже потреб-

ности. В результате за последние 4 года, по данным крупномасштабного агрохимического обследования почв, в обследуемых районах отмечается некоторое увеличение площадей кислых почв.

Сохранение и повышение плодородия почв в нашей стране является одним из главных приоритетов. Известкование кислых почв – важное звено программы, связанной с выполнением мероприятий по сохранению и улучшению плодородия почв.

#### Контактная информация

Лапа Виталий Витальевич 8 017 212 07 51, 8 017 212 08 21  
Пироговская Галина Владимировна 8 017 212 48 15

УДК 631.8.022.3:631.445.2

# ОЦЕНКА СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ КУЛЬТУР ЗВЕНА СЕВООБОРОТА на высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, кандидаты с.-х. наук,  
О. В. Симанков, агроном второй категории, О. А. Шедова, агроном первой категории  
Институт почвоведения и агрохимии

Сельское хозяйство Республики Беларусь с середины 1970-х годов начало интенсивно применять удобрения. Стратегия их использования строилась на концепции расширенного воспроизводства плодородия почв, когда расчётная доза удобрений под сельскохозяйственные культуры включала компенсацию выноса фосфора и калия с планируемой урожайностью и дополнительное количество этих элементов для повышения содержания их в почве. В связи с этим за период 1967–1993 гг. наращивание объёмов применения минеральных и органических удобрений позволило значительно улучшить агрохимические показатели почвенного плодородия сельскохозяйственных земель.

В дальнейшем, вплоть до 2005 г., по объективным причинам в сельскохозяйственных предприятиях Республики Беларусь объёмы применения минеральных удобрений снизились более чем на 50 % в сочетании с нарушением их сбалансированности и соотношения элементов питания, когда недостаток одного из элементов, чаще всего фосфора, компенсировался внесением другого, в основном калия. С целью преодоления сложившейся ситуации были разработаны

научно обоснованные альтернативные приёмы, позволяющие получать планируемую урожайность сельскохозяйственных культур за счёт повышения окупаемости вносимых удобрений в севооборотах и более эффективного использования достигнутого потенциала плодородия почв. В 2005–2010 гг. объёмы применения минеральных удобрений возросли и в среднем по стране достигли величины 250 кг/га д. в. Это способствовало значительному повышению урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почв.

Согласно данным последнего тура агрохимических обследований, установлено, что почвы Беларуси по содержанию гумуса, а значит и азота, подвижных соединений фосфора и калия по отдельным полям различаются в 3–4 и более раз. Удельный вес почв, слабо обеспеченных фосфором, составляет 23 %, со средним и повышенным – 52 и около 25 % площади пашни с высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора. Почвы, слабо обеспеченные калием, составляют 25 %, со средним и повышенным – 55, с высоким и очень высоким содержанием калия – 20 % от общей площади пашни. Неравно-



Е. Г. Мезенцева,  
заведующая лабораторией систем  
удобрения и питания растений

мерное распределение минеральных удобрений по отдельным полям способствовало образованию фонда почв с очень высоким содержанием подвижных форм фосфора и калия.

Удобрениям принадлежит ведущая роль в повышении плодородия



почв. При достаточно интенсивном их применении улучшаются режимы питания почв, их физические и биологические свойства, т. е. идёт постепенное окультуривание. На стадии высокой окультуренности большинство агрохимических свойств дерново-подзолистых почв достигает оптимальных параметров. Хорошо окультуренные дерново-подзолистые почвы представляют ценность и как стратегический резерв, и как фактор интенсификации земледелия. В Беларуси такие почвы составляют основной фонд обрабатываемых земель, из них суглинистые являются наиболее благоприятными для выращивания всех сельскохозяйственных культур. Для более эффективного использования почвенных ресурсов и удобрений необходим дифференцированный подход в применении последних на планируемую урожайность для каждого поля.

В связи с этим особенно важным представляется установить целесообразные уровни применения органических и минеральных удобрений, которые обеспечивали бы высокую и устойчивую урожайность культур, возделываемых на дерново-подзолистых суглинистых почвах с очень высоким содержанием фосфора и калия, на долю которых приходится четвертая часть пахотных земель Беларуси. Теоретическое обоснование систем удобрения для столь специфичных почв, актуальное и ранее, в современных условиях дороговизны минеральных удобрений и ГСМ, их дефицита, приобретает особое значение.

На протяжении нескольких лет в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» в условиях стационарного опыта на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве проводятся исследования по изучению эффективности различных систем применения удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур. Установлено, что разные системы удобрения характеризуются неравнозначной агрономической и экономической эффективностью (таблица).

Анализ (2013–2016 гг.) продуктивности звена зернокармального севооборота: «кукуруза на зеленую массу – яровая пшеница – яровой ячмень» показал, что более продуктивной была кукуруза на зеленую массу, менее – зерновые.

Установлено, что за счёт высокоплодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы формируется в среднем 74,7 ц/га к. ед. Принимая во внимание тенденции изменения содержания в почве подвижных фосфатов и калия при системе удобрения, исключающей внесение минеральных удобрений, можно предположить, что нижняя граница оптимального уровня данного показателя для дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы будет достигнута через 17 лет – для фосфора, через 4 года – для калия.

Фоновое применение соломистого навоза (органический фон) определило продуктивность звена севооборота на уровне 83,8 ц/га к. ед., что на 12 % превысило показатель, достигнутый

на неудобренном варианте. Органическая система удобрения хотя и была малозатратным агроприёмом, однако наименьшая по опыту стоимости прибавки кормовых единиц была значительно ниже затрат на приобретение и внесение навоза, определив его убыточность (–7 % рентабельности).

Известно, что в дерново-подзолистых почвах азот всегда находится в минимуме, а азотные удобрения наиболее эффективны. Многочисленными исследованиями установлено, что с повышением окультуренности дерново-подзолистых почв резко меняется структура азотного питания растений за счёт возрастания доли азота почвы при относительно одинаковом использовании азота удобрений. Наши исследования подтвердили высокую эффективность азотных удобрений на всех изучаемых фонах.

Среднегодовая продуктивность звена севооборота за счёт возрастающих доз азота ( $N_{70-130}$ ), применяемых на органическом фоне, увеличилась в среднем на 16,5 ц/га к. ед. при окупаемости каждого кг азота 16,2 ц/га к. ед. Эффективность аналогичных доз азота на органоминеральных фонах с применением фосфорных и калийных удобрений возросла на 20 % по отношению к органическому фону. Отмечено, что эффективность азотных удобрений была равноценной и не зависела от фоновых доз применяемых фосфорных и калийных удобрений.

Расчеты показали, что с агрономической и экономической точек зрения при возделывании сельскохозяйствен-

**Агроэкономическая среднегодовая эффективность применения удобрений в зернокармальном звене севооборота на высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (2013–2016 гг.)**

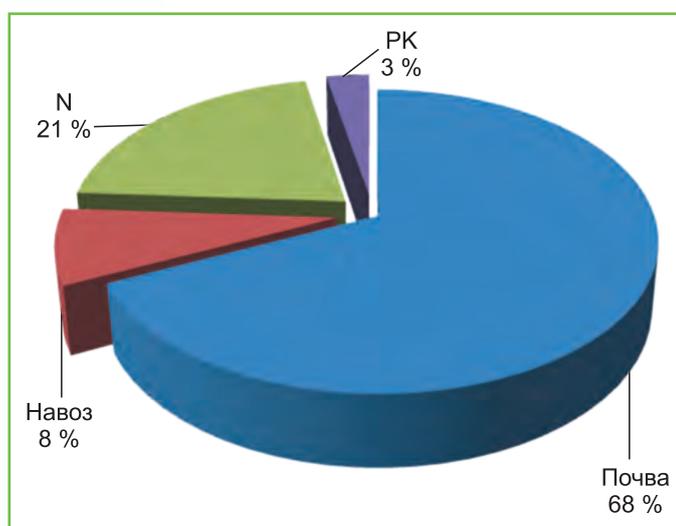
| Вариант                                 | Урожайность, ц/га               |                                |                               | Среднегодовая продуктивность, ц/га к. ед. | Прибавка, ц/га к. ед. |      |        | Окупаемость, к. ед., кг |          | Рентабельность, % |
|---|---------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|-----------------------|------|--------|-------------------------|----------|-------------------|
|   | кукуруза на з/м (2013–2015 гг.) | яровая пшеница (2014–2016 гг.) | яровой ячмень (2015–2016 гг.) |   | к контролю            | от N | от NPK | 1 кг N                  | 1 кг NPK |                   |
| Без удобрений                           | 583                             | 43,3                           | 35,4                          | 74,7                                      | –                     | –    | –      | –                       | –        | –                 |
| Навоз 60 т/га – фон 1                   | 623                             | 50,5                           | 40,8                          | 83,8                                      | 9,1                   | –    | –      | –                       | –        | –7                |
| Фон 1 + $N_{70}$                        | 632                             | 61,7                           | 51,1                          | 94,0                                      | 19,3                  | 10,2 | –      | 14,5                    | –        | 11                |
| Фон 1 + $N_{100}$                       | 659                             | 68,5                           | 56,8                          | 101,1                                     | 26,4                  | 17,2 | –      | 17,2                    | –        | 23                |
| Фон 1 + $N_{130}$                       | 673                             | 71,0                           | 59,6                          | 105,9                                     | 31,2                  | 22,1 | –      | 17,0                    | –        | 24                |
| Навоз 60 т/га + РК <sup>Д</sup> – фон 2 | 631                             | 50,9                           | 42,9                          | 85,6                                      | 10,9                  | –    | –      | –                       | –        | –18               |
| Фон 2 + $N_{70}$                        | 655                             | 64,7                           | 55,2                          | 99,0                                      | 24,3                  | 13,4 | 15,2   | 19,1                    | 11,5     | 11                |
| Фон 2 + $N_{100}$                       | 688                             | 69,1                           | 58,8                          | 104,7                                     | 30,0                  | 19,1 | 20,9   | 19,1                    | 12,9     | 17                |
| Фон 2 + $N_{130}$                       | 706                             | 71,3                           | 62,5                          | 110,1                                     | 35,4                  | 24,5 | 24,9   | 18,8                    | 13,0     | 20                |
| Навоз 60 т/га + РК <sup>П</sup> – фон 3 | 637                             | 51,5                           | 43,3                          | 86,6                                      | 11,9                  | –    | –      | –                       | –        | –28               |
| Фон 3 + $N_{70}$                        | 663                             | 64,7                           | 55,6                          | 100,0                                     | 25,3                  | 13,4 | 16,2   | 19,1                    | 8,4      | 1                 |
| Фон 3 + $N_{100}$                       | 688                             | 70,3                           | 59,1                          | 105,9                                     | 31,2                  | 19,3 | 22,1   | 19,3                    | 9,9      | 8                 |
| Фон 3 + $N_{130}$                       | 704                             | 71,0                           | 61,5                          | 110,2                                     | 35,5                  | 23,6 | 24,6   | 18,2                    | 9,7      | 10                |

Примечание – РК<sup>Д</sup> и РК<sup>П</sup> – дозы фосфорных и калийных удобрений, рассчитанные на дефицитный и поддерживающий балансы фосфора и калия в почве соответственно.

ных культур в звене зернокармального севооборота наиболее эффективным было применение  $N_{100-130}$  на органическом фоне, обусловив продуктивность на уровне 100 ц/га к. ед. Уровень рентабельности при этом составил 23–24 %, что является максимальным по опыту. Однако, по нашему мнению, внедрение в производство данного варианта системы удобрения, даже на почве с очень высоким содержанием фосфора и калия, может оказаться довольно спорным за счет возможного дисбаланса минерального питания со снижением запасов подвижных соединений фосфора и калия в почве в дальнейшем. Поэтому в сложных экономических условиях на высококультурных почвах допустимо применение ресурсосберегающей моноазотной системы удобрения на фоне соломистого навоза, продолжительность использования которой может определяться темпами снижения содержания подвижных форм фосфора и калия ниже предельных параметров. При этом доза применяемых азотных удобрений должна быть не менее 100 кг/га д. в., так как она оптимизирует мобилизацию почвенных запасов фосфора и калия и высокую продуктивность возделываемых культур.

Содержание подвижного фосфора и калия в почве – важная характеристика уровня ее плодородия, которая в значительной мере отражает общий уровень окультуренности. Урожайность сельскохозяйственных культур до известных пределов возрастает с увеличением содержания подвижных фосфатов и калия в почве, тогда как эффективность фосфорных и калийных удобрений при этом снижается. Предполагалось, что слишком высокое содержание подвижных фосфора и калия в почве оказывает неблагоприятное влияние на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, а увеличение в почве содержания подвижного фосфора свыше 400 мг/кг почвы может вызывать депрессию урожая зерновых культур, снизит интенсивность биологических процессов, вызовет непроизводительные затраты питательных элементов на формирование урожая. Наши исследования не подтвердили это предположение, наоборот, даже дополнительное внесение фосфорных и калийных удобрений не оказало существенного влияния ни на снижение продуктивности звена севооборота, ни на ухудшение показателей качества возделываемых культур.

При применении фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на дефицитный баланс этих элементов, дополнительный сбор кормовых единиц составил 1,8 ц/га к. ед. Ввиду присутствия в системе удобрения доро-



Роль отдельных факторов в формировании продуктивности звена севооборота на высококультурной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с повышенным содержанием фосфора и калия

гостоящих фосфорных удобрений при незначительной стоимости прибавки урожая кормовых единиц органико-минеральная система удобрения без внесения азотных удобрений оказалась неэффективной, обусловив убыточность данного агроприема – 18 % рентабельности. Увеличение доз вносимых фосфора и калия (в расчёте на поддерживающий баланс элементов) хотя и позволило увеличить сбор кормовых единиц на 1 ц/га, тем не менее сопровождалось дальнейшим повышением затрат и убытком – 28 %.

Установлено, что 1 кг NPK окупается 8,4–13 кг к. ед. в зависимости от доз минеральных удобрений с максимальным показателем от комплексного применения  $N_{130}$  и фосфорных и калийных удобрений на органическом фоне. Следует отметить, что на фоне применения навоза с внесением доз фосфорных и калийных удобрений, рассчитанных на поддерживающий баланс, наблюдалось снижение уровня прироста от применения азотных удобрений до 1–10 %, что обусловлено увеличением затрат на внесение фосфорных и калийных удобрений.

При оценке роли отдельных факторов в формировании максимальной продуктивности (110,2 ц/га к. ед.) звена севооборота при среднегодовом применении  $N_{130}PK^I$  на фоне органических удобрений установлено, что плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы имело основное значение в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур – за счет его сформировано 68 % урожая.

Применение азотных минеральных удобрений обеспечило формирование 21 % урожая, соломистого навоза – 8 %, фосфорных и калийных удобрений – всего 3 % урожая (рисунк).

Применение сбалансированной системы удобрения способствует оптимизации условий для протекания биохимических процессов в растениях, а соответственно и улучшению качества продукции. Повышение содержания сырого протеина под влиянием возрастающих доз азотных удобрений отмечено в основной продукции всех культур звена севооборота: в зелёной массе кукурузы – на 15 %, зерне яровой пшеницы и ячменя – на 3 %; клейковины в зерне яровой пшеницы – на 13 %. Одной из основных причин ухудшения качества продукции чаще выступает несбалансированность питания отдельными элементами. Обобщение данных полевых опытов показало, что риск получения продукции с низким качеством на почве со специфичным питательным режимом очень незначителен. По нашему мнению, хорошо окультуренные почвы обладают комплексом благоприятных агропроизводственных свойств, поэтому влияние удобрений на качество выращиваемой на них продукции сглаженное и связано в основном с действием азотных удобрений. Поэтому применение высоких доз азота ведёт не к нарушению биосинтеза, а к более интенсивному потреблению других элементов и усилению накопления биомассы урожая.

#### Контактная информация

Мезенцева Елена Геннадьевна 8 017 212 56 43

УДК 631.8.022.3.633.1: 631.445.2

# СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ на дерново-подзолистых почвах в современных условиях

Н. Н. Семененко, доктор с.-х. наук,  
Е. Г. Мезенцева, О. Г. Кулеш, кандидаты с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

Зерно – важнейшее сырье для пищевой и технической промышленности, около 80 % объемов его производства используется в животноводстве в качестве концентрированных кормов. В связи с этим от объемов и затрат на его производство существенно зависит состояние аграрной отрасли, продовольственной безопасности и экономики страны. В настоящее время перед земледелием Беларуси поставлена задача – довести и стабилизировать ежегодные валовые сборы зерна на уровне 10 млн тонн. Увеличение его производства должно основываться, прежде всего, на повышении урожайности, улучшении его качества и сопровождаться снижением себестоимости. Важнейшим резервом получения высокой устойчивой урожайности зерновых культур при снижении удельных затрат на их производство может быть совершенствование технологии возделывания на основе адаптивной интенсификации продукционного процесса посева, прежде всего – оптимизации минерального питания, повышения эффективности использования удобрений и почвенных ресурсов.

Учитывая, что посевные площади зерновых культур в стране занимают около 2,5 млн га пахотных земель, большое народнохозяйственное значение имеет поиск путей рационального использования, сохранения и повышения плодородия почв, на которых размещаются эти культуры. Согласно данным последнего тура агрохимических обследований, установлено, что почвы Беларуси по содержанию гумуса, а значит и азота, подвижных соединений фосфора и калия по отдельным полям даже одного сельхозпредприятия различаются в 3–4 и более раз. Около 30 % обследуемой площади пашни занимают высококультурные земли. В условиях Беларуси в исследованиях с применением изотопных индикаторов [С. Н. Иванов, 1962; Н. Н. Семененко, 2003] было показано, что для формирования урожая сельско-

хозяйственные культуры поглощают элементы минерального питания из двух источников – почвы и вносимых удобрений – пропорционально наличию их в почве в доступных растениям соединениях. С применением изотопа азота  $N^{15}$  Н. Н. Семененко (2003) установлено, что доля участия азота удобрений в общем выносе его урожаем изменяется от 50 % при низком до 15 % при высоком содержании потенциально усвояемого азота в почве. Величина этого показателя достаточно стабильна, и при изменяющихся погодных условиях разных вегетационных периодов колеблется в пределах 2–3 %. Поэтому для более эффективного использования почвенных ресурсов и удобрений необходим дифференцированный подход в применении последних на планируемую урожайность применительно для каждого поля.

Агрохимической наукой для определения доз удобрений на планируемую урожайность предложен ряд методов. Многие разработанные ранее расчетные методы, основанные на коэффициентах использования растениями питательных веществ из почвы и удобрений, в связи с их высокой вариабельностью отличаются неточностью определения доз удобрений [Н. Н. Михайлов, 1971; К. П. Афендулов, 1973; М. К. Каюмов, 1989]. Рекомендации о дозах удобрений, основанные на экстраполяции данных полевых опытов с соответствующими поправками на свойства почв, также оказались мало приемлемы в современных условиях из-за отсутствия достаточно обоснованных поправок к таким дозам.

До последнего времени применение удобрений в Беларуси основывалось на концепции расширенного воспроизводства плодородия почв [Т. Н. Кулаковская, 1978; В. В. Лапа, В. Н. Босак, 2002; В. В. Лапа и др., 2007; И. М. Богдевич и др., 2014]. В соответствии с этой концепцией, при расчете доз удобрений на почвах с содержанием элементов питания ниже оптимального уровня предусматрива-



Н. Н. Семененко,  
главный научный сотрудник  
лаборатории систем удобрений и  
питания растений

лись достаточно высокие параметры возврата с удобрениями фосфора (140–220 %) и калия (120–140 % к выносу). За счет дополнительного (сверх выноса) внесения удобрений 48–75 кг/га  $P_2O_5$  и 30–103 кг/га  $K_2O$  обеспечивалась полная компенсация выноса с урожаем этих элементов и накопление их в почвах в пределах 20–40 мг/кг в год. Однако такая система применения удобрений энергетически и экономически затратна, ее высокая эффективность в предыдущий период была обусловлена низкими ценами на удобрения и энергоресурсы. К настоящему времени цены на удобрения и ГСМ увеличились в несколько раз. Применение же высоких доз удобрений (сверх выноса урожаем) приводит к существенным непроизводительным потерям азота – в виде газообразных соединений и миграции в нитратной форме, калия – миграции, поглощенных фосфатов – ретраградации и снижения доступности растениям; уменьшению окупаемости и рентабельности их применения, ухудшению качества продукции. Поэтому в современных производственных условиях системы применения удобрений под зерновые культуры должны основываться на критериях экономи-

ческой целесообразности, поддержания или повышения запасов элементов питания в почвах до экологически безопасного уровня и улучшения качества продукции.

По мнению ученых ближнего и дальнего зарубежья [Ш. И. Литвак, 1990] и новых результатов исследований, полученных в Беларуси, для расчета оптимальной дозы элемента питания удобрения на планируемую урожайность культуры наиболее перспективным считается использование «метода возмещения выноса (регулируемого баланса)». Сущность этого метода заключается в том, что вынос элементов питания планируемым урожаем компенсируется за счет удобрения с корректировкой на уровень плодородия почвы, с использованием для этого соответствующих коэффициентов возмещения выноса. Расчет оптимальной дозы элемента питания удобрения на планируемую урожайность культуры проводится по формуле (1):

$$D_{уд.} = Y_{пл.} \times N_{в.} \times K_{в.}, \quad (1)$$

где:

$D_{уд.}$  – доза минерального удобрения, кг/га д. в.;

$Y_{пл.}$  – планируемая урожайность основной продукции культуры, т/га;

$N_{в.}$  – норматив удельного выноса элемента питания единицей основной с учетом побочной продукции, кг/т;

$K_{в.}$  – нормативный коэффициент возмещения удобрениями выноса элементов питания урожаем культуры.

Норматив удельного выноса ( $N_{в.}$ ) элементов питания одной тонной основной и соответствующим количеством побочной продукции (кг/т) представляет собой отношение хозяйственного выноса элементов питания сухой массой урожая (кг/га) к урожайности основной продукции при стандартной влажности (т/га) в оптимальном варианте опыта.

Коэффициент возмещения выноса ( $K_{в.}$ ) представляет собой отношение внесенного удобрения к его выносу урожаем культуры. В каждом частном случае он рассчитывается по формуле (2):

$$K_{в.} = D_{ф.} / V_{ф.}, \quad (2)$$

где:

$D_{ф.}$  – годовая доза фактически внесенного в оптимальном варианте опыта элемента питания под полученную урожайность, кг/га;

$V_{ф.}$  – фактический вынос данного элемента полученной урожайностью основной и побочной продукции, кг/га;  $K_{в.}$  – выраженный в процентах, т. е. умноженный на 100, в агрохимической литературе трактуется как интенсивность баланса.

Норматив удельного выноса элемента питания 1 т основной с учетом

побочной продукции ( $N_{в.}$ ) и нормативный коэффициент возмещения удобрениями выноса элементов питания урожаем культуры ( $K_{в.}$ ) являются в сравнении с другими методами более надежной основой для расчета доз минеральных удобрений на планируемую урожайность. Статистический анализ показывает, что коэффициент вариации нормативов удельного выноса элементов питания более стабилен – в 2,5–3,0 и более раз ниже, чем вариабельность коэффициентов их использования из почвы и удобрений. Достоинством «метода возмещения выноса» является оптимизация питания растений в зависимости от потребности в элементах питания и возможность целенаправленно регулировать плодородие почвы в зависимости от исходного состояния с меньшими затратами.

В результате обобщения и анализа результатов полевых опытов, проведенных за последние 10 лет с удобрениями при более интенсивных технологиях возделывания и при получении высокой урожайности зерновых культур, разработаны коэффициенты возмещения выноса элементов питания урожаем и новые нормативы удельного выноса элементов минерального питания с 1 т зерна, которые представлены в работе «Нормативы возмещения выноса элементов питания для расчета доз минеральных

Таблица 1 – Коэффициенты возмещения выноса элементов питания урожаем

| Элементы питания              | Содержание в почве              | Параметры возврата, % к выносу урожаем | Коэффициент возмещения ( $K_{в.}$ ) |
|-------------------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|
| N                             | *Менее 120 кг/га (слой 0–40 см) | –                                      | 1,1                                 |
|                               | 121–200                         | –                                      | 1,0                                 |
|                               | 201–300                         | –                                      | 0,8                                 |
|                               | 301–400                         | –                                      | 0,5                                 |
|                               | Более 400                       | –                                      | 0,3                                 |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | Менее 100 мг/кг почвы (Ап)      | 200–220                                | 1,3                                 |
|                               | 100–200                         | 160–200                                | 1,2                                 |
|                               | 201–300                         | 100–140                                | 1,0                                 |
|                               | 301–400                         | 30–50                                  | 0,5                                 |
|                               | Более 400                       | 20–30                                  | 0,3                                 |
| K <sub>2</sub> O              | Менее 140 мг/кг почвы (Ап)      | 120–140                                | 1,2                                 |
|                               | 140–200                         | 110–120                                | 1,1                                 |
|                               | 201–300                         | 90–100                                 | 1,0                                 |
|                               | 301–400                         | 30–50                                  | 0,5                                 |
|                               | Более 400                       | 20–30                                  | 0,2                                 |

Примечание – \*Содержание потенциально усвояемой формы азота ( $N_{усв.}$ ) в почве определяется по РСТ Беларуси 908-91 [Н. Н. Семеновко и др., 1991]; градации и рекомендации по применению азотных удобрений изложены в работах [Н. Н. Семеновко, 2003; Н. Н. Семеновко, 2005]; содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O в почвах определяется по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-84).

удобрений под сельскохозяйственные культуры» [В. В. Лапа и др., 2017].

В таблице 1 для сравнения представлены рекомендуемые параметры возврата (% к выносу с урожаем) [В. В. Лапа и др., 2007; И. М. Богдевич и др., 2014] и предлагаемые коэффициенты возмещения выноса элементов питания, откорректированные с учетом новых данных, полученных в длительных стационарных полевых опытах в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых и супесчаных почвах.

По обобщенным данным, оптимальные значения содержания элементов питания в дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах составляют:  $N_{\text{усв}}$  (слой 0–40 см) – 250–300 кг/га; подвижные формы  $P_2O_5$  и  $K_2O$  ( $A_{\text{п}}$ , слой 0–25 см) – 600–900 кг/га. На основании новых методических решений нами усовершенствована существующая система применения удобрений под озимые зерновые культуры, которая представлена ниже.

Озимые пшеница и тритикале возделываются на плодородных дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых и супесчаных, подстилаемых моренным суглинком, почвах. Непригодны для их возделывания песчаные почвы с легко проницаемым подпахотным горизонтом и близким залеганием грунтовых вод из-за возможности повреждения корневой системы. Озимая рожь менее требовательна к почвенным условиям. Однако и эта культура более высокую урожайность формирует на высококультуренных дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных, подстилаемых морен-

ным суглинком, почвах с оптимальным уровнем содержания гумуса и подвижных соединений фосфора и калия. Оптимальные агрохимические показатели почв для озимых зерновых культур: pH – 5,8–6,5; содержание гумуса – не ниже 1,8 %, подвижных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг почвы.

### 1. Определение оптимальных доз удобрений на планируемую урожайность

Высокая урожайность озимых зерновых культур обеспечивается при сбалансированном минеральном питании растений. На формирование 1 т зерна с соответствующим количеством соломы озимая пшеница расходует: N – 22,0–23,2;  $P_2O_5$  – 9,6–9,9 и  $K_2O$  – 17,8–18,7; озимое тритикале – соответственно 17,0–20,5; 9,6–9,9 и 14,3–22,9; озимая рожь – 15,5–18,0; 9,2–9,8 и 19,0–21,2 кг. Это существенно ниже предлагаемых ранее нормативов удельного выноса элементов питания. Более высокие уровни удельного выноса NPK характерны для интенсивных технологий возделывания зерновых с комплексным применением средств химизации, регуляторов роста растений и при получении более высокой урожайности. На основании данных многолетних полевых опытов, для получения урожайности 5,0–7,0 т/га озимой ржи и 6,0–8,0 т/га озимых пшеницы и тритикале на дерново-подзолистых легко- и среднесуглинистых и супесчаных, подстилаемых моренным суглинком, почвах рекомендуется применять следующие ориентировочные дозы минераль-



ных удобрений:  $N_{90-120}P_{60-80}K_{120-140}$  на фоне внесения 40–50 т/га навоза. На почвах с низкой обеспеченностью фосфором и калием применение удобрений под урожайность зерновых культур 5,0–6,0 т/га экономически убыточно. Более точно потребность озимых зерновых культур в удобрениях на планируемую урожайность определяют, исходя из установленных нормативов (таблица 2). При размещении озимых зерновых культур на безнавозном фоне рекомендуемые дозы действующего вещества минеральных удобрений на планируемую урожайность увеличивают: азота – на 20, фосфорных – на 10 и калийных – на 30 кг/га.

Таблица 2 – Ориентировочные дозы удобрений на планируемую урожайность озимых зерновых культур\*

| Планируемая урожайность (зерно), т/га           | Навоз, т/га | Азотные удобрения, кг/га д. в. | Фосфорные удобрения, кг/га д. в.   |         |         |       | Калийные удобрения, кг/га д. в.  |         |         |       |
|---|-------------|--------------------------------|------------------------------------|---------|---------|-------|----------------------------------|---------|---------|-------|
|   |             |                                | содержание $P_2O_5$ в почве, мг/кг |         |         |       | содержание $K_2O$ в почве, мг/кг |         |         |       |
|   |             |                                | 101–150                            | 151–200 | 201–300 | >300  | 81–140                           | 141–200 | 201–300 | >300  |
| <b>Почвы суглинистые и супесчаные на морене</b> |             |                                |                                    |         |         |       |                                  |         |         |       |
| 3,1–4,0   | 30–40       | 60–70                          | 60–70                              | 50–60   | 30–40   | 15–20 | 80–90                            | 70–80   | 50–60   | 40–50 |
| 4,1–5,0   | то же       | 70–90                          | 70–80                              | 60–70   | 40–50   | 20–25 | 90–110                           | 80–90   | 60–80   | 50–60 |
| 5,1–6,0   | то же       | 90–100                         | –                                  | 70–80   | 50–60   | 25–30 | –                                | 90–110  | 80–90   | 60–70 |
| 6,1–7,0   | 40–50       | 100–120                        | –                                  | –       | 60–70   | 30–35 | –                                | –       | 90–110  | 70–80 |
| 7,1–8,0   | то же       | 120–140                        | –                                  | –       | 70–80   | 35–40 | –                                | –       | 110–140 | 80–90 |
| <b>Почвы супесчаные, подстилаемые песком</b>    |             |                                |                                    |         |         |       |                                  |         |         |       |
| 3,1–4,0   | 30–40       | 80–90                          | 70–80                              | 60–70   | 35–45   | 15–20 | 90–100                           | 80–90   | 70–80   | 50–60 |
| 4,1–5,0   | то же       | 90–100                         | 80–90                              | 70–80   | 45–50   | 20–30 | 100–120                          | 90–100  | 80–90   | 60–70 |
| 5,1–6,0   | то же       | 100–120                        | –                                  | 80–90   | 50–60   | 30–40 | –                                | 100–120 | 90–100  | 70–90 |

Примечание – \*Более высокий уровень доз удобрений применяется под пшеницу и тритикале.

## 2. Внесение удобрений

Жизненный цикл у озимых зерновых культур – ржи, пшеницы и тритикале – проходит в два этапа: первый – от посева до снижения температуры почвы ниже +3–5 °С осенью, а второй – с возобновлением весенней вегетации до физиологической спелости – весной и летом.

Кущение озимой ржи, а с ним и формирование плотности побегов, при оптимальных сроках сева на 65–80 % проходит осенью. Весенний период, как правило, очень короткий. Только при прохладной влажной погоде фаза весеннего кущения озимой ржи может удлиниться на 12–15 суток.

Озимые тритикале и пшеница куствуют осенью и весной. Продолжительность осеннего кущения при нормальных сроках сева составляет 30–35 и весеннего – 25–35 дней, т. е. период весеннего кущения у пшеницы и тритикале значительно продолжительнее, чем у озимой ржи.

Наиболее ответственными в минеральном питании озимых зерновых культур являются периоды от всходов до ухода посевов в зиму, а также весной в начале возобновления вегетации.

### 2.1. Основное внесение

**Фосфорные и калийные удобрения.** Для хорошей перезимовки посевов очень важно обеспечить растения в осенний период необходимым количеством фосфора и калия. Фосфор стимулирует развитие корневой системы, а калий – накопление углеводов, что важно для хорошей перезимовки. Фосфорные и калийные удобрения полной дозой вносят под предпосевную культивацию. В начальный период роста очень важно обеспечить растения водорастворимыми или растворимыми в слабых кислотах соединениями фосфора в зоне развития корневой системы. Поэтому за счет общей дозы в рядки при посеве вносят 10–20 кг/га  $P_2O_5$ .

**Азотные удобрения.** Интенсивность и качество процесса кущения в значительной степени зависят от уровня азотного питания растений. Азот в растения озимых зерновых культур начинает активно поступать после появления третьего листа, спустя 15–25 дней после всходов. Этот период совпадает с формированием узла кущения, в котором накапливаются пластические вещества. К концу роста третьего листа формирование узла кущения заканчивается, начинается фаза кущения. Эта фаза характеризуется образованием боковых побегов и вторичной корневой системы.

При достаточном обеспечении растений азотом в осенний период нормализуется энергетический обмен. Кущение озимых проходит интенсивно, хорошо развивается корневая система, накапливаются пластические вещества, снижается интенсивность физиологических процессов в период перезимовки. Это приводит к повышению зимостойкости культур. Весной растения более активно трогаются в рост. Недостаток азотного питания в осенний период отрицательно сказывается на кустистости и развитии корневой системы. Избыточное азотное питание озимых культур с осени снижает эффективность закаливания, рост растений опережает накопление пластических веществ. В связи с интенсивным расходом углеводов зимой в процессе дыхания и истощения растений снижается их устойчивость к перезимовке и неблагоприятным весенним условиям. Поэтому в осенний период азотное питание озимых культур должно быть умеренным. Потребность в азотных удобрениях с осени для озимых зерновых культур невысокая и составляет 25–30 кг/га д. в. Внесение навоза вполне обеспечивает нормальное осеннее развитие этих культур. В других случаях можно ограничиться внесением азота с аммофосом, аммонизированным суперфосфатом, комплексного удобрения марки 5:16:35, ЖКУ или внести дополнительно 15–20 кг/га д. в. азота в форме КАС.

**Формы минеральных удобрений для основного внесения:** КАС, карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий или комплексное удобрение для озимых зерновых культур с содержанием азота, фосфора и калия соответственно 5–7; 16–21 и 31–35 %.

### 2.2. Применение средств химизации при уходе за посевами озимых зерновых культур

В таблице 3 представлена технологическая система комплексного применения удобрений, регуляторов роста и пестицидов при уходе за посевами озимых зерновых культур. Для улучшения их осеннего развития и перезимовки перед севом проводят инкрустацию семян протравителями с добавлением микроэлементов и регуляторов роста. Если семена не обрабатывались, то в период осеннего кущения проводится подкормка посевов медными и марганцевыми микроудобрениями в дозах по 50 г/га д. в.

**Ранневесенняя азотная подкормка озимых зерновых культур.** Весной, когда озимые зерновые куль-

туры после перезимовки трогаются в рост, они испытывают повышенную потребность в азотном питании. Внесение азота удобрений в этот период повышает интенсивность физиологических процессов в растениях, ускоряет их отрастание, увеличивает ассимиляционную поверхность листьев, усиливает кущение и формирование репродуктивных органов. Поэтому под озимые культуры рано весной, как правило, вносят азотные удобрения. Однако при избыточном азотном питании в этот период растения усиленно куствуются, чрезмерно развивается вегетативная масса (в ущерб формированию репродуктивных органов), задерживается прохождение световой стадии развития растений. Такие растения больше предрасположены к полеганию и поражению болезнями.

Управление продуктивным кущением является главным резервом повышения урожайности зерновых культур, так как в этот период развития растений происходит закладка будущей урожайности. Правильный выбор дозы азота для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур имеет решающее значение в повышении урожайности. Прибавка ее от азотных удобрений, внесенных в этот период, может составлять 1,5–2,5 т/га и более. Применение заниженной дозы азота удобрений в ранневесеннюю подкормку озимых зерновых культур невозможно исправить за счет проведения подкормок в последующие этапы органогенеза растений. Оптимальное же азотное питание растений рано весной проявляется и в последующих этапах их органогенеза. Основой для управления азотным питанием растений в этот период является дифференцированное по полям применение доз азотных удобрений с учетом состояния посевов после перезимовки (шт. растений/м<sup>2</sup> и их развитие) и уровня планируемой урожайности. Доза азота для ранневесенней подкормки определяется, исходя из нормативов, приведенных в таблице 2.

Для получения урожайности 5,0–8,0 т/га зерна доза азота удобрений по отдельным полям может составлять 120–150 кг/га и более, вносить ее целесообразно в несколько приемов. Предельная доза азотной ранневесенней подкормки озимых культур для разных значений плотности побегов перезимовавших растений составляет 60 (озимая рожь) и 70–80 (озимые пшеница и тритикале) кг/га д. в. Более точно дозы азотных удобрений по полям определяются с учетом результатов обеспеченности почв усвояемой формой азота ( $N_{усв.}$ , слой 0–40 см, кг/га) (таблица 4).

Таблица 3 – Технологическая система комплексного применения удобрений, регуляторов роста и пестицидов при уходе за посевами озимых зерновых культур

| Фаза развития  | Визуальный признак   | Формируемые элементы продуктивности  | Дозы и формы удобрений, кг/га д. в. * | Возможные составы водных растворов комплексного применения удобрений, регуляторов роста и пестицидов  |
|--|--|--|---------------------------------------|---|
| Обработка семян перед севом  | –  | повышается всхожесть и устойчивость к болезням и неблагоприятным условиям, число растений                            | –                                     | фунгицид Кинто Дуо, ТК – 2,5 л/т или другие разрешенные протравители + комплексный препарат МикроСил–Медь ПС – 1,6 л/т или МикроСтим–Медь ПС – 1,6 л/т  |
| Весеннее кушение (время возобновления весенней вегетации (стадия 21–25)) | t почвы +5 °С и более, отрастают молодые корешки растений              | площадь листьев, завершается формирование плотности побегов  | 60–80 кг/га; карбамид, КАС или другие | защита растений от сорняков, вредителей и болезней  |
| Начало трубкования (стеблевания) (стадия 30–32)                          | 1–й узел на главном побеге поднялся над землей, развернуто 4–5 листьев | площадь листьев, вегетативная масса, число колосков в колосе, длина основной оси колоса на главном и боковых побегах | 30–40 кг/га; карбамид, КАС или другие | посевы обрабатываются раствором **) смеси: N <sub>5–10</sub> в форме КАС или N <sub>10–15</sub> карбамида + МикроСтим–Медь Л – 0,65 л/га, МикроСтим – Медь, Марганец – 1,0 л/га или ЭлеГум–Медь, Марганец – 1,7 л/га + Экосил – 0,1 л/га, хлорхалинхлорид 750 – 1,25 л/га |
| Флагового листа (стадия 37–45)   | последний лист главного побега раскрыт полностью                       | число колосков и цветков в колосках, фертильность пыльцы и яйцеклеток  | 20–30 кг/га; карбамид, КАС или другие | посевы обрабатываются повторно водным раствором аналогично вышеприведенного состава + фунгициды   |
| Колошение главного побега (стадия 55–59)                                 | формирование всех органов колоса завершено                             | число цветков, опыление, число зерен в колосе, озерненность колоса   | –                                     | водный раствор: N <sub>10–15</sub> кг/га в форме карбамида + МикроСил–Бор – 1,5 л/га или Адоб Бор – 1,5 л/га + Экосил – 0,1 л/га  |

Примечание – \* Более высокие дозы под пшеницу и тритикале; \*\* расход рабочей жидкости – 200–250 л/га.

Доза азота для ранневесенней подкормки определяется как разность между нормативом оптимального содержания доступного растениям азота в почве, обеспечивающего хорошее развитие растений планируемого уровня урожайности, и фактическим содержанием азота в почве по формуле:

$$N_{уд.} = N_{опт.} - N_{факт.}$$

где:

N<sub>уд.</sub> – доза азота удобрений, кг/га д. в.;  
N<sub>опт.</sub>, N<sub>факт.</sub> – оптимальное и фактическое содержание усвояемой формы азота в почве (слой 0–40 см), кг/га.

На посевах, где фактический запас азота в почве равен или превышает оптимальный уровень, с хорошо развитыми растениями и высокой плотностью побегов (более 1000 шт./м<sup>2</sup>), что может наблюдаться при внесении повышенных доз органических удобрений или на высококультурных почвах, ранневесенняя подкормка не проводится. На таких посевах первая подкормка растений проводится в более поздний срок – в фазе 1-го узла (начало трубкования).

Ранневесеннюю подкормку озимых зерновых культур проводят после поверхностного и внутрипочвенного стока избыточной влаги, когда растения начнут активно вегетировать и появятся молодые белые корешки, а среднесуточная температура воздуха перейдет через +5 °С.

#### Формы азотных удобрений.

При ранневесенней подкормке озимых зерновых культур эффективность разных форм азотных удобрений примерно одинаковая. Однако следует учитывать, что:

- КАС при ранневесенней подкормке в дозе до 60 кг/га азота можно не разбавлять водой;
- азот в форме КАС усваивается растениями в течение 2–6 часов, а при использовании твердых форм удобрений – 2–5 суток;
- при внесении карбамида на сухую поверхность почвы без заделки газообразные потери азота могут достигать 30 % и более от внесенной дозы;
- при существующих ценах на аммиачную селитру эффективность ее применения ниже, чем других форм азотных удобрений.

Следует обратить внимание руководителей и агрономов сельхозпредприятий, специалистов агрохимической службы, что дифференцированное применение азотных удобрений под зерновые и другие культуры с учетом результатов почвенной диагностики на содержание азота является экономически и экологически эффективным мероприятием: в среднем 1 рубль затрат окупается около 20 рублей прибыли. Выгода от такого мероприятия многосторонняя. Опыт земледелия стран Западной Европы является подтверждением этому. Методические разработки для проведения диагностики в Беларуси имеются.

#### Азотные подкормки в фазах 1-го узла, флагового листа и колошения

В фазе начало трубкования (1-го узла) заканчивается закладка коло-

Таблица 4 – Оптимальное содержание азота в почве, кг/га

| Озимая рожь       |                   | Озимые пшеница и тритикале |                   |
|-------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|
| урожайность, ц/га | N <sub>усв.</sub> | урожайность, ц/га          | N <sub>усв.</sub> |
| менее 35          | 160               | менее 40                   | 180               |
| 36–45             | 161–180           | 40–50                      | 181–200           |
| 46–55             | 181–200           | 51–60                      | 201–220           |
| 56–65             | 201–220           | 61–70                      | 221–240           |
| 66 и более        | 221–240           | 71 и более                 | 241–260           |

сков и колоса, его длина. Недостаток азота в этот период приводит к сокращению количества колосков в колосе и тем самым к уменьшению количества зерен в колосе. Хорошая обеспеченность растений азотом в этот период способствует также формированию колоса на боковых побегах и обеспечивает интенсивный рост фитомассы. В период роста флагового листа на растениях должно быть 5–6 хорошо развитых листьев. При меньшем количестве листьев снижается количество колосков в колосе за счет отмирания слаборазвитых в нижней его части. Озимые зерновые культуры в фазах колошение – цветение испытывают достаточно высокую потребность в азоте. В то же время внесение азотных удобрений в фазе флагового листа, как правило, покрывает потребность в азоте при наступлении последующих фаз развития растений. Азотная подкормка в фазе флагового листа обеспечивает повышение урожайности до 0,5–0,7 т/га за счет сохранения листового аппарата, цветков и завязи, улучшения фотосинтеза растений, налива зерна, повышается также содержание белка в зерне. Однако поздние подкормки неэффективны, если своевременно не сформировался достаточный биологический потенциал урожайности (число побегов в фазе конец кущения составляло менее 600 шт./м<sup>2</sup>) или почва испытывает недостаток влаги, не гарантирована защита растений от болезней. В связи с тем, что сроки применения азотных удобрений в подкормку зерновых культур часто совпадают со сроками внесения ретардантов, регуляторов роста, микроудобрений и обработки посевов средствами защиты растений целесообразно часть общей дозы азота в виде водных растворов КАС

или карбамида совмещать с применением других препаратов. Введение азотных удобрений в состав баковых смесей повышает эффективность применения других средств химизации. Для принятия решения о необходимости проведения и дозах азотной подкормки, применения микроудобрений, регуляторов роста и пестицидов руководствуются нормативами, представленными в таблицах 3 и 5.

**При необходимости проведения азотных подкормок** посевов наибольший эффект достигается при внесении КАС, которая применяется в виде разбавленных водных растворов в соотношении 1:3 (фаза 1-го узла) или 1:4–1:5 (фазы флагового листа, колошения), а также 8%-ный по действующему веществу водный раствор карбамида. Общий объем рабочего раствора – 200–300 л на га. Чтобы избежать ожогов листьев растений, азотную подкормку проводят в утренние (до 11) и вечерние (после 16) часы, желателно в пасмурные дни. В зависимости от планируемой дозы азотной подкормки дозы КАС,

удобрения для приготовления водных растворов определяют из соответствующих нормативов.

Одним из способов, исключающих ожоги листовой поверхности растений, является применение в фазе флагового листа КАС в дозе до 30 кг/га азота с помощью волоочильных шлангов. При невозможности по каким-либо причинам проведения азотной подкормки посевов жидкой формой удобрений ее проводят карбамидом или аммиачной селитрой в сухую погоду.

**Важным условием эффективного использования минеральных удобрений, особенно азотных, является равномерное распределение их по полю.** В связи с этим перед началом работ все машины по внесению удобрений должны регулироваться на точность дозировок и равномерность внесения. Наиболее высокая равномерность внесения твердых удобрений обеспечивается при использовании машин РШУ-12, РДУ-1500, СУ-12, МТТ-4У, а также центробежных машин фирмы «RAUCH»,

Таблица 5 – Визуальная диагностика потребности зерновых культур в азотной подкормке в фазах начало трубкования (появления 1-го узла) и флагового листа (стадии 37–45)

| Группа | Окраска посева   | Потребность в азотной подкормке | Доза азота, кг/га |
|--------|--|---------------------------------|-------------------|
| I      |  желто-зеленая  | высокая                         | 30–40*            |
| II     |  светло-зеленая | средняя                         | 20–30             |
| III    |  зеленая        | низкая                          | 0–15              |
| IV     |  темно-зеленая  | отсутствует                     | 0**               |

Примечание – \*Более высокий уровень доз удобрений применяется под пшеницу и тритикале; \*\*необходимо применение ретардантов.

Таблица 6 – Эффективность систем применения удобрений под озимое тритикале в опытах на окультуренной легкосуглинистой почве (среднее за 3 года)

| Система удобрения  | Урожайность | Прибавка от удобрений | Оплата 1 кг NPK зерном, кг | Прибыль, долл./га |
|--|-------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|
|  | ц/га        |                       |                            |                   |
| Без удобрений  | 53,8        | –                     | –                          | –                 |
| Последствие навоза, 40 т/га – фон 1                                    | 61,9        | 8,1                   | –                          | 42,5              |
| Последствие навоза, 40 т/га + P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон 2 | 75,4        | 21,6                  | 7,5                        | 83,2              |
| Фон 2 + N <sub>30</sub>  | 80,4        | 26,6                  | 8,8                        | 127,9             |
| Фон 2 + N <sub>60</sub>  | 84,0        | 30,2                  | 9,2                        | 145,9             |
| Фон 2 + N <sub>90</sub>  | 86,8        | 33,0                  | 9,2                        | 157,3             |
| Фон 2 + N <sub>60+30</sub>   | 89,0        | 35,2                  | 10,0                       | 177,6             |
| Фон 2 + N <sub>90+30</sub>   | 93,1        | 39,3                  | 10,8                       | 196,8             |
| HCP <sub>0,05</sub>  | 1,6         |                       |                            |                   |

Таблица 7 – Эффективность систем применения удобрений под озимую рожь в опытах на супесчаной почве (среднее за 3 года)

| Система удобрения   | Урожайность | Прибавка от удобрений | Оплата 1 кг NPK зерном, кг | Прибыль, долл./га |
|---|-------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|
|   | ц/га        |                       |                            |                   |
| Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (110–170 мг/кг почвы) и K <sub>2</sub> O (100–160 мг/кг почвы)   |             |                       |                            |                   |
| Без удобрений   | 34,9        | –                     | –                          | –                 |
| Последействие 40 т/га навоза КРС – фон  | 39,9        | 5,0                   | –                          | 40,3              |
| Фон + P <sub>70</sub> K <sub>150</sub>  | 49,8        | 14,9                  | 4,5                        | 41,8              |
| Фон + P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>60+30</sub>   | 60,6        | 25,7                  | 6,7                        | 86,8              |
| Фон + P <sub>70</sub> K <sub>150</sub> + N <sub>60+30+30</sub> + МикроСтим-Медь Л + Хлормекватхлорид (PP) | 64,3        | 29,4                  | 7,2                        | 90,5              |
| Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (240–350 мг/кг почвы) и K <sub>2</sub> O (220–350 мг/кг почвы)   |             |                       |                            |                   |
| Без удобрений   | 42,4        | –                     | –                          | –                 |
| Последействие 40 т/га навоза КРС – фон  | 45,8        | 3,4                   | –                          | 27,3              |
| Фон + P <sub>40</sub> K <sub>120</sub>  | 52,1        | 9,7                   | 3,9                        | 30,2              |
| Фон + P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>60+30</sub>   | 62,3        | 19,9                  | 6,6                        | 70,4              |
| Фон + P <sub>40</sub> K <sub>120</sub> + N <sub>60+30+30</sub>  | 64,6        | 22,2                  | 6,7                        | 74,9              |
|   | 67,9        | 25,5                  | 7,9                        | 89,5              |
| HCP <sub>0,05</sub>   | 1,8         |                       |                            |                   |

«Альфа». Достичь высокой равномерности внесения жидких форм удобрений позволяет применение машин АПЖ-12, ОП-2000 или ОПШ-15, ОТМ-2, Мекосан-2000, S-320, AMAZO-NEUG-Nova, RAU или их аналогов.

### 3. Агроэкономическая эффективность различных систем применения удобрений под озимые зерновые культуры

В структуре затрат в технологиях возделывания зерновых культур на долю минеральных удобрений приходится более 30, а при внесении органических – 40 % и более. В зависимости от уровня окультуренности почвы доля затрат на применение удобрений существенно изменяется. Поэтому при разработке технологий возделывания сельскохозяйственных, в том числе и зерновых культур на высокоокультуренных дерново-подзолистых почвах важное значение имеет выявление наиболее оптимальных вариантов систем применения удобрений на основе оценки их агроэкономической и экономической эффективности. Ниже представлен ряд результатов полевых опытов по оценке эффективности различных вариантов систем применения удобрений под зерновые культуры, возделываемые на таких почвах.

В полевых опытах установлено, что наиболее высокой продуктивности зерновых культур при снижении

удельных затрат на их производство можно достичь при комплексном применении удобрений и других средств интенсификации производственного процесса. Оптимизация минерального питания и обеспечение благоприятного фитосанитарного состояния посевов по этапам органогенеза растений позволяет в наибольшей степени реализовать генетический потенциал продуктивности зерновых культур в сложившихся погодных условиях и снизить удельные затраты элементов питания на формирование урожая. Из приведенных в таблицах 6, 7 данных видно, что на высокоокультуренной легкосуглинистой почве при благоприятных погодных условиях и комплексном применении удобрений и других средств интенсификации производственного процесса урожайность озимого тритикале сорт Вольтарио формируется на уровне 90 ц/га зерна.

Внесение минеральных удобрений в дозах P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> перед севом на фоне последействия навоза, 40 т/га и проведение подкормок азотными удобрениями N<sub>60-90</sub> в начале весенней вегетации и N<sub>30</sub> в фазе 1-го узла (стадии 30–32) обеспечило получение прибавки урожая зерна 3,5–3,9 т/га, что составляет около 40 % общей урожайности. При этом 1 кг NPK внесен

ных удобрений окупается 10,0–10,8 кг зерна. За счет внесения удобрений формируется прибыль до 196,8 \$/га при рентабельности более 100 %. Внесение близких к оптимальным дозам минеральных макро- и микроудобрений, регуляторов роста на фоне последействия 40 т/га навоза и дробного внесения азотных удобрений обеспечило формирование достаточно высокого уровня урожайности озимой ржи – 6,4 и 6,8 т/га соответственно на средне- и высокоокультуренной супесчаной почве (таблица 7). При этом прибавка от удобрений на первой почве составила 2,9, а на второй – 2,6 т/га или соответственно 45,7 и 37,6 % от общей урожайности. При близких уровнях окупаемости 1 кг NPK (7,2 и 7,9 кг зерна) и полученной прибыли (90,5 и 89,5 \$/га) рентабельность применения удобрений на средне окультуренной почве составила 44, на высокоокультуренной – 53 % при снижении затрат, связанных с применением удобрений, в сравнении с первой почвой на 30 %. Исходя из приведенных и других результатов полевых опытов, следует, что эффективность применения удобрений на суглинистой почве в посевах озимых пшеницы и тритикале выше, чем на супесчаных, подстилавных песком, почвах, особенно при посеве озимой ржи.

#### Контактная информация

Семененко Николай Николаевич 8 017 212 56 43

# ОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ И БАЛАНС ГУМУСА в почвах Республики Беларусь

Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, Н. Ю. Жабровская, кандидаты с.-х. наук,  
Т. М. Кирдун, научный сотрудник  
Институт почвоведения и агрохимии

Одним из главных показателей, определяющих плодородие дерново-подзолистых почв, является органическое вещество почвы. Гумус – главный компонент органического вещества почвы, представляет собой совокупность специфических (или гумусовых) и неспецифических органических веществ, потерявших свое анатомическое строение, является основой регулирования их агрофизических и биологических свойств. Гумус имеет важнейшее значение в обеспечении растений и микроорганизмов элементами питания. В нем содержится до 95–98 % азота, 30–40 % фосфора, 90 % серы от общего количества их в почве, а также калий, кальций, магний и ряд микроэлементов (медь, кобальт, марганец, цинк и др.). При разложении гумуса эти элементы питания переходят в легкоусвояемые минеральные соединения. За счет минерализации гумуса в припочвенные слои атмосферы в течение суток с одного гектара поступает 26–500 кг углекислого газа. Если учесть, что сельскохозяйственные культуры при нормальном росте и развитии потребляют 100–150 кг/га углекислого газа, то можно сделать вывод, что гумусу среди его многочисленных функций принадлежит также важнейшая роль в обеспечении растений углеродом.

В почве постоянно происходят процессы образования и разрушения гумуса. В зависимости от того, какой процесс преобладает, содержание гумуса в почве увеличивается или уменьшается. Оптимальные параметры содержания гумуса, при которых обеспечиваются высокие урожаев сельскохозяйственных культур, зависят от гранулометрического состава дерново-подзолистых почв: для глинистых и суглинистых – это 2,5–3,0 %, супесчаных – 2,0–2,5 %, песчаных – 1,8–2,0 %; для минеральных почв луговых земель – 3,5–4,0 %.

По данным последнего тура (2013–2016 гг.) агрохимического обследования, средневзвешенное содержание гумуса в почвах пахотных земель составляет 2,25 %. Несмотря на то, что в целом по республике содержание гумуса увеличилось на 0,02 % по сравнению с предыдущим периодом обследования (2009–2012 гг.), в 57 районах отмечено его снижение.

## Основные факторы, влияющие на воспроизводство органического вещества почвы

**Обработка почвы.** Наиболее существенными факторами, определяющими характер протекания процессов минерализации и гумификации органического вещества, являются



Т. М. Серая,  
заведующая лабораторией  
органического вещества, доцент

достаточное увлажнение почвы, температура и аэрация, обеспечивающие нормальную жизнедеятельность микроорганизмов.

При минимальной обработке почвы (до 10–12 см) все пожнивно-корневые остатки остаются в верхнем слое почвы. В этом случае резко выраженные аэробные условия могут привести к почти полной минерализации растительных остатков, темпы гумификации при этом снижаются. В то же время в более глубоком необрабатываемом слое почвы (12–25 см) при недостатке кислорода жизнедеятельность аэробных микроорганизмов замедляется, снижается скорость разложения корневых остатков.

Безотвальная обработка почвы также способствует накоплению пожнивно-корневых остатков, органических и минеральных удобрений в верхнем слое. Для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур важное значение имеет не только высокое содержание гумуса в верхнем слое почвы, но и создание по возможности более мощного гумусированного корнеобитаемого слоя.

Традиционная отвальная вспашка обуславливает не только протекание процессов минерализации гумуса и поступающих в почву органических

# Инсектицидный протравитель нового поколения



## Табу<sup>®</sup> супер

имidakлоприд, 400 г/л +  
+ фипронил, 100 г/л



**ЗАО «Август-Бел»**  
Тел.: (01713) 938-00.

**По вопросам приобретения** обращаться  
по тел.: (017) 306-01-08,  
**применения** – тел.: (017) 306-01-09.

**expectrum**

инновационные  
продукты

Инсектицидный протравитель для защиты семян и всходов кукурузы и рапса, не имеющий аналогов по эффективности и рентабельности применения

Сочетает два действующих вещества из разных химических классов. Надежно контролирует почвообитающих и наземных вредителей. Оказывает моментальное летальное действие на личинок проволочника всех возрастов. Полностью и на длительный срок защищает от проволочника культуры в севооборотах, в которых для посева используют протравленные Табу супер семена. Уничтожает популяции вредителей, устойчивые к неоникотиноидам и пиретроидам. Оптимизирует технологию защиты культур и снижает затраты на нее за счет отмены опрыскиваний инсектицидами на раннем этапе развития растений.

С нами расти легче

[www.avgust.com](http://www.avgust.com)

**avgust**   
crop protection

# Не гербицид, а просто БОМБА!



## Бомба®

трибенурон-метил, 563 г/кг +  
+ флорасулам, 187 г/кг



**ЗАО «Август-Бел»**  
Тел.: (01713) 938-00.

По вопросам приобретения обращаться  
по тел.: (017) 306-01-08,  
применения – тел.: (017) 306-01-09.

**expectrum**

инновационные  
продукты

Двухкомпонентный системный гербицид против  
максимально широкого спектра двудольных сорняков  
в посевах зерновых культур

Способствует максимальной реализации потенциала урожайности пшеницы за счет полного отсутствия фитотоксичности к культуре. Обладает широчайшим спектром действия против двудольных сорняков, в том числе устойчивых к 2,4-Д и МЦПА. Является уникальным технологическим решением для борьбы с подмаренником цепким во всех фазах его развития. Имеет широкое «окно» применения – от фазы 2 листьев до появления 2-го междоузлия культуры. Не проявляет последствие в севооборотах. Используется совместно с ПАВ Адьо.

С нами расти легче

[www.avgust.com](http://www.avgust.com)

**avgust**   
crop protection

# Высокотехнологичное решение проблем с сорняками



Послевсходовый системный гербицид с почвенным действием для борьбы с широким спектром однолетних и некоторых многолетних двудольных сорняков в посевах кукурузы. Подавляет также некоторые однолетние злаковые (на начальных стадиях их роста). Имеет широкое «технологическое окно» в сроках применения, вплоть до 6 - 8 листьев культуры. Обладает высокой скоростью проявления симптомов гербицидного воздействия. Сдерживает вторую «волну» сорняков за счет выраженного почвенного действия. Высокоселективен к культуре. В смеси с **Дублоном®** уничтожает основной спектр однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков.

**ЗАО «Август-Бел»**

Тел.: (01713) 938-00.

По вопросам приобретения обращаться по тел.: (017) 306-01-08,  
применения – тел.: (017) 306-01-09.

С нами расти легче

[www.avgust.com](http://www.avgust.com)

**avgust**   
crop protection

# Сотри овсюг с поля!



## Ластик® экстра

феноксапроп-П-этил, 70 г/л +  
антидот клоквиносет-мексил,  
40 г/л

Селективный гербицид для борьбы со всем спектром однолетних злаковых сорняков в посевах ячменя и пшеницы. Полностью селективен к культурам благодаря наличию антидота. Может применяться независимо от фазы развития культуры. Совместим в баковых смесях с противодвудольными гербицидами.

**ЗАО «Август-Бел»**  
Тел.: (01713) 938-00.

По вопросам приобретения обращаться по тел.: (017) 306-01-08,  
применения – тел.: (017) 306-01-09.



С нами расти легче

[www.avgust.com](http://www.avgust.com)

**avgust** crop protection

остатков, но обеспечивает тесный контакт органических остатков с почвой и их относительно равномерное распределение во всей толще пахотного слоя при достаточной его аэрации.

**Роль сельскохозяйственных культур в воспроизводстве органического вещества почвы.**

Одним из основных источников гумуса в пахотном слое дерново-подзолистых почв являются пожнивно-корневые остатки возделываемых культур. По количеству органического вещества, поступающего в почву после уборки урожая, все сельскохозяйственные культуры можно разделить на три группы: многолетние злаковые и бобово-злаковые травы, однолетние культуры сплошного сева (зерновые, зернобобовые, рапс, гречиха, лен) и однолетние пропашные культуры (картофель, свекла, кукуруза, овощи).

Пропашные культуры, как правило, относятся к типу интенсивных культур с высоким выносом питательных веществ. Кроме этого, данная группа сельскохозяйственных растений оставляет в почве небольшое количество пожнивно-корневых остатков.

Культуры сплошного сева по количеству оставляемых растительных остатков занимают промежуточное положение между многолетними травами и пропашными.

Как показали результаты исследований, из всех сельскохозяйственных культур только многолетние травы, оставляя в почве наибольшее количество растительных остатков при минимальной механической обработке почвы, обогащают почву органическим веществом. Особенно высокий положительный эффект характерен для бобовых трав, благодаря их способности фиксировать атмосферный азот и вовлекать его в биологический круговорот.



Поэтому при недостаточных объемах навоза для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель следует делать упор на расширение посевов многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей. Чем больше в структуре посевных площадей доля многолетних трав, тем меньше будет потребность в органических удобрениях.

**Расчет доз органических удобрений для бездефицитного баланса гумуса.**

При расчете доз органических удобрений для поддержания бездефицитного баланса гумуса необходимо учитывать соотношение между пропашными культурами и многолетними травами: чем меньше многолетних трав приходится на 1 га пропашных, тем выше должны быть дозы органических удобрений. С 1995 по 2012 г. доля многолетних трав в структуре посевных площадей уменьшилась с 24,2 до 12,7 %, в то время как доля пропашных за счет расширения площадей под кукурузой и сахарной свеклой увеличилась с 8,5 до 23,8 % (таблица 1). Если в 1996 г. на 1 га пропашных культур приходилось 2,8 га многолетних трав, то к 2012 г. это соотношение в среднем по республике снизилось до 0,5 га. В результате средневзвешенное содержание гумуса уменьшилось с 2,28 % (1998 г.) до 2,23 % (2012 г.). Начиная с 2013 г., наметилась обратная тенденция,

т. е. площади под пропашными начали снижаться, под многолетними травами – увеличиваться. В результате в 2016 г. на 1 га пропашных приходилось уже 0,8 га трав, и соответственно содержание гумуса в почвах пахотных земель за период 2013–2016 гг. увеличилось до 2,25 % (рисунок 1).

В результате обобщения большого объема экспериментальных данных, полученных на дерново-подзолистых почвах, нами уточнена методика расчета потребности в органических удобрениях для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почвах пахотных земель. По обобщенным данным, под культурами сплошного сева минерализуется гумуса в среднем 820 кг/га, в то время как образуется гумуса за счет пожнивно-корневых остатков 400 кг/га. Дефицит гумуса (420 кг/га) необходимо восполнить за счет внесения органических удобрений. Учитывая, что из 1 т подстильного навоза КРС образуется в среднем 40 кг гумуса, потребность в органических удобрениях составит  $420 : 40 = 10,5$  т/га.

При возделывании пропашных культур (включая кукурузу) минерализуется гумуса в среднем 1400 кг/га, в то время как образуется за счет пожнивно-корневых остатков 200 кг/га. Поэтому для поддержания его бездефицитного баланса в почве под пропашными культурами необходимо 1200 кг гумуса на 1 га восполнить за счет внесения органических удобрений, что составляет 30 т/га.

При возделывании многолетних трав минерализуется гумуса в среднем 600 кг/га, в то время как образуется за счет пожнивно-корневых остатков 800 кг/га. Положительный баланс гумуса составляет 200 кг/га, следовательно, потребность в органических удобрениях можно уменьшить на  $200 : 40 = 5$  т/га.

Таблица 1 – Доля многолетних трав и пропашных в структуре посевных площадей

| Область             | Доля в структуре посевных площадей |              |                       |              |              |                       |              |              |                       |              |              |                       |
|---------------------|------------------------------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|--------------|--------------|-----------------------|
|                     | 1995 г.                            |              |                       | 2004 г.      |              |                       | 2012 г.      |              |                       | 2016 г.      |              |                       |
|                     | пропашные, %                       | мн. травы, % | пропашные : мн. травы | пропашные, % | мн. травы, % | пропашные : мн. травы | пропашные, % | мн. травы, % | пропашные : мн. травы | пропашные, % | мн. травы, % | пропашные : мн. травы |
| Республика Беларусь | 8,5                                | 24,2         | 1 : 2,8               | 15,1         | 20,9         | 1 : 1,4               | 23,8         | 12,7         | 1 : 0,5               | 21,5         | 17,1         | 1 : 0,8               |
| Брестская           | 13,0                               | 17,6         | 1 : 1,4               | 20,7         | 15,4         | 1 : 0,7               | 28,0         | 11,5         | 1 : 0,4               | 27,0         | 13,2         | 1 : 0,5               |
| Витебская           | 2,7                                | 32,7         | 1:12,1                | 7,8          | 26,5         | 1 : 3,4               | 12,3         | 13,8         | 1 : 1,1               | 9,1          | 29,3         | 1 : 3,2               |
| Гомельская          | 11,9                               | 19,2         | 1 : 1,6               | 16,2         | 19,3         | 1 : 1,2               | 34,4         | 8,5          | 1 : 0,3               | 33,0         | 9,9          | 1 : 0,3               |
| Гродненская         | 10,3                               | 19,6         | 1 : 1,9               | 17,7         | 20,3         | 1 : 1,1               | 23,5         | 15,0         | 1 : 0,6               | 20,7         | 17,2         | 1 : 0,8               |
| Минская             | 9,9                                | 23,6         | 1 : 2,4               | 14,1         | 18,7         | 1 : 1,3               | 23,2         | 13,4         | 1 : 0,6               | 21,0         | 17,0         | 1 : 0,8               |
| Могилевская         | 5,1                                | 29,1         | 1 : 5,7               | 14,5         | 26,5         | 1 : 1,8               | 19,9         | 14,9         | 1 : 0,8               | 16,5         | 17,0         | 1 : 1,0               |

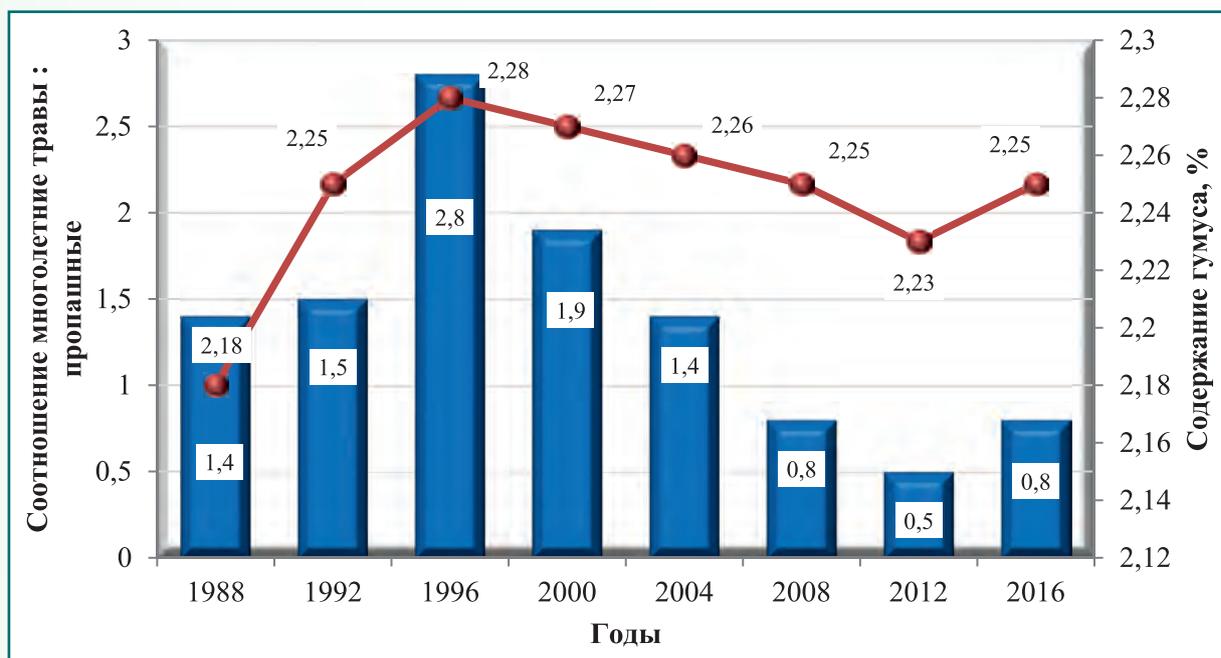


Рисунок 1 – Соотношение многолетних трав к пропашным культурам и содержание гумуса в почве

Для упрощения расчетов изложенный выше материал можно представить в виде формулы:

$$D_{ou} = \frac{(S_1 \times 420 + S_2 \times 1200 - S_3 \times 200) : K}{S_{\text{мин.пахити}}}$$

где:

$D_{ou}$  – доза органических удобрений, необходимая для поддержания бездефицитного баланса гумуса, т/га;

$S_1$  – площадь культур сплошного сева на минеральных почвах (зерновые, зернобобовые, лен, рапс, гречиха, однолетние смеси);

$S_2$  – площадь пропашных культур на минеральных почвах;

$S_3$  – площадь многолетних трав на минеральных почвах;

$S_{\text{мин.пахити}}$  – посевная площадь (на минеральных почвах);

420 – кг/га гумуса необходимо восполнить за счет внесения органических удобрений для поддержания его бездефицитного баланса под культурами сплошного сева;

1200 – кг/га гумуса необходимо восполнить за счет внесения органических удобрений для поддержания его бездефицитного баланса под пропашными культурами;

200 – кг/га гумуса накапливается под многолетними травами;

$K$  – кг гумуса образуется из 1 т органических удобрений. Для каждого конкретного хозяйства, района или области данный коэффициент рассчитывается следующим образом:

$$K = (S_{\text{сугл.}} \times 50 + S_{\text{супесч.}} \times 40 + S_{\text{песч.}} \times 30) : (S_{\text{сугл.}} + S_{\text{супесч.}} + S_{\text{песч.}}),$$

где:

$S_{\text{сугл.}}$ ,  $S_{\text{супесч.}}$ ,  $S_{\text{песч.}}$  – площади суглинистых супесчаных и песчаных почв,

занятых под сельскохозяйственными культурами;

50 – кг гумуса образуется из 1 т условного навоза на суглинистых почвах, 40 кг – на супесчаных и 30 кг – песчаных почвах.

#### Виды навоза

Не все органические удобрения оказывают одинаковое влияние на плодородие почвы. Наиболее благоприятно влияют на воспроизводство органического вещества почвы подстилочный навоз, подстилочный птичий помет и торфонавозные компосты. Жидкий навоз, навозные стоки и органические удобрения, получаемые на выходе биогазовых установок, (эффлюент) по влиянию на воспроизводство гумуса близки к минеральным удобрениям. При учете органических удобрений все виды навоза и помета следует переводить в условный навоз, используя коэффициенты, приведенные в таблице 2.

Удобрительная ценность органических удобрений зависит от концентрации элементов питания в 1 т навоза и их доступности для растений. По содержанию НРК виды навоза распределяются так:

- птичий подстилочный помет – 39 кг/т;
- птичий помет полужидкий – 21 кг/т;
- подстилочный навоз КРС – 13,1 кг/т;
- полужидкий навоз КРС – 11,5 кг/т;
- птичий помет жидкий – 6,5 кг/т;
- жидкий навоз КРС – 5,3 кг/т;
- свиные навозные стоки – 3,5 кг/т.

На дерново-подзолистых почвах влияние органических удобрений на

урожайность в основном определяется содержанием в них азота и в первую очередь его аммонийной формы. Так, в подстилочном навозе доля аммонийного азота составляет 20–30 %, в жидком навозе – 50–70 %, в свиных навозных стоках – до 90 % от общего его содержания в удобрении. Эта форма азота хорошо усваивается растениями в первый год. Органически связанная часть азота в доступную для растений форму превращается по мере минерализации органического вещества. В связи с этим жидкие органические удобрения по влиянию на урожайность более эффективны в год внесения, а для твердых органических удобрений характерно пролонгированное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур в течение 3–5 лет.

Содержащийся в жидком навозе фосфор используется растениями лучше, чем фосфор минеральных удобрений. Калий в жидком навозе представлен растворимой формой и легко усваивается растениями.

В сельскохозяйственных организациях содержание элементов питания должно определяться в каждом конкретном виде навоза. На основании этих данных должны рассчитываться дозы внесения органических удобрений.

В целом по Беларуси для расчета содержания элементов питания в условном навозе приняты средние величины содержания элементов питания из расчета на 1 т условного навоза: N – 3,5 кг, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,8 кг, K<sub>2</sub>O – 3,4 кг. Нормативная прибавка от 1 т условного навоза для озимых зерновых составляет 25 кг зерна, карто-

Таблица 2 – Коэффициенты перевода различных видов органических удобрений в условный навоз

| Вид органических удобрений                             | Коэффициент перевода в условный навоз при учете удобрений |
|--|---|
| Все виды подстилочного навоза, торфонавозного компоста | 1,0   |
| Полужидкий бесподстилочный навоз                       | 0,6   |
| Жидкий навоз   | 0,2   |
| Эффлюент   | 0,2   |
| Навозные стоки   | 0,06  |
| Куриный помет  | 1,7   |
| Подстилочный помет                                     | 2,0   |
| Сапропелевые удобрения органического типа              | 0,5   |
| Сапропелевые удобрения смешанного типа                 | 0,3   |
| Солома   | 3,5   |
| Ботва  | 0,5   |

феля – 105 кг клубней, сахарной свеклы – 125 кг корнеплодов, кормовых корнеплодов – 200 кг корней, кукурузы на силос – 190 кг зеленой массы, всех культур на пашне – 30 к. ед.

Выход навоза зависит от вида животных, количества подстилки и продолжительности стойлового периода.

Бесподстилочный навоз хранят в прифермских или полевых навозохранилищах. На 1 условную голову при 6-месячном хранении бесподстилочного навоза (при слабом разбавлении его водой) требуется хранилище объемом 12 м<sup>3</sup>.

Количество подстилочного навоза, хранящегося в штабеле, можно определить, зная объем штабеля (произведение длины, ширины и высоты в м<sup>3</sup>). 1 м<sup>3</sup> свежего навоза весит 400 кг, уплотненного – 700, полуперепревшего – 800, сильно разложившегося – 900 кг. 1 м<sup>3</sup> жидкого навоза в среднем весит 0,95 т, полужидкого – 0,9 т.

#### Технологические вопросы повышения эффективности органических удобрений

**Недостатки в работе с органическими удобрениями.** Анализ эффективности применения органических удобрений показывает, что урожайность при всех видах и дозах их внесения в производственных условиях значительно ниже, чем в стационарных опытах. Это говорит о том, что имеется большой резерв повышения эффективности органических удобрений посредством совершенствования машинных технологий, соблюдения технологии приготовления компостов, правильного хранения всех видов навоза, внесения в лучшие агротехнические сроки и быстрой заделки после внесения. Снижение удобрительной ценности навоза про-

исходит в результате потерь в процессе производства и хранения. Из каждых 100 т соломистого навоза при хранении в неуплотненных буртах, а тем более при беспорядочном хранении подстилочного навоза теряется до 200 кг азота. Одной из причин низкой эффективности органических удобрений является также неравномерное внесение их из-за плохих физико-механических свойств и несвоевременная заделка в почву.

Неравномерность внесения навоза и компостов не только уменьшает урожайность, но и влияет на качество урожая – снижает его технологические и биологические достоинства, способствует накоплению нитратов в урожае, а также приводит к загрязнению окружающей среды.

Эффективность применения органических удобрений снижается также из-за того, что в самой массе удобрения элементы питания растений распределены неравномерно. Для повышения эффективности применения компостов необходимо перемешивание компостной смеси в период закладки и компостирования.

**Требования к приготовлению, хранению и внесению органических удобрений.** Готовые компосты должны отвечать следующим требованиям: иметь мелкокомковатую сыпучую структуру с размерами частиц не более 60 мм, влажность – 60–70 %, слабощелочную или нейтральную реакцию среды, содержание органического вещества – не менее 50 %, содержание питательных веществ в легкодоступной форме для растений – не менее 50 %. В компостах должны отсутствовать яйца и личинки гельминтов, патогенная микрофлора в опасных концентрациях, жизнеспособные семена сорняков.

Технология производства компостов должна обеспечивать получение

органических удобрений, отвечающих требованиям нормативных документов к их качеству, охраны окружающей среды, соблюдения производственной санитарии, техники безопасности, противопожарных мероприятий, охраны почвы и воспроизводства ее плодородия.

Технологический процесс производства компостов включает выполнение следующих основных операций:

- подготовку площадки;
- формирование влагопоглощающей подушки;
- формирование бурта;
- 1–2 перебивки бурта;
- погрузка и транспортирование к месту внесения.

Место для компостирования следует выбирать, исходя из наименьших затрат на погрузку и перевозку используемых компонентов, а также на погрузку и транспортировку приготовленного компоста на поля. Готовить компосты следует на специально оборудованных площадках, имеющих бетонное или упрощенное грунтовое покрытие, у ферм или на краю поля.

**В процессе компостирования** органические соединения навоза превращаются в легкоусвояемую для растений форму, уничтожаются патогенная микрофлора, яйца и личинки гельминтов, семена сорных растений, разлагаются антибиотики. Скорость разложения органического вещества зависит от условий увлажнения, температуры и аэрации навоза. Наиболее интенсивно навоз разлагается при влажности 55–75 %, при снижении влажности скорость разложения резко замедляется. Особенно сильно влияет на темпы разложения аэрация. Чем больше кислорода воздуха поступает в штабель навоза, тем интенсивнее и при более высокой температуре идет этот процесс. Аэрация и температура при разложении навоза зависят от объема штабеля и степени его уплотнения и увлажнения.

В зависимости от **стадии разложения** навоз, приготовленный на соломенной подстилке, подразделяют на свежий, полуперепревший, перепревший и перегной.

**Свежий навоз** представляет собой слаборазложившуюся массу, солома в которой незначительно изменяет цвет и прочность.

**Полуперепревший навоз** – солома приобретает темно-коричневый цвет, теряет прочность и легко разрывается. В этой стадии разложения навоз теряет 10–30 % первоначальной массы и такое же количество органического вещества.

**Перепревший навоз** представляет собой однородную массу. Солома разлагается настолько, что нельзя об-

наружить отдельные соломины. При доведении до такой степени разложения убыль массы навоза и потери сухого органического вещества достигают 50 %.

**Перегнил** — рыхлая темная масса. В этой стадии разложения навоз теряет до 75 % массы и сухого органического вещества.

На дерново-подзолистых почвах наиболее эффективно действие полупрепавшего навоза, полученного при плотном (холодном) способе хранения. Не следует доводить навоз до перепревшего или перегнившего состояния. При длительном хранении навоза содержание органического вещества уменьшается в 2–3 раза, при этом теряется значительное количество азота. Не рекомендуется вносить и свежий навоз, т. к. в нем содержится большое количество семян сорняков и возбудителей различных болезней.

**Для обеззараживания жидкого навоза** его следует хранить 6 месяцев. При хранении он расслаивается на твердую и жидкую части, которые имеют различную удобрительную ценность. Для равномерного внесения жидкого навоза по полю, а также для более надежной работы насосов цистерн-разбрасывателей нельзя допускать расслоение навоза, его следует перемешивать в хранилищах с помощью специальных устройств.

**В свежем курином помете** обычно нет аммиачных форм азота, но при хранении в кучах он сильно разогревается и вследствие превращения мочевой кислоты в аммиачные соединения азот улетучивается. Потери азота при таком хранении за 1,5–2 месяца могут достигать 30–60 %. Эти потери можно устранить, если свежий помет компостировать с торфом, соломой или опилками. Куриный помет по своим удобрительным качествам превосходит навоз, а по скорости действия не уступает минеральным удобрениям.

**Сроки компостирования** подстильного навоза и компостов зависят от температуры воздуха. Лучшие термические условия создаются при весенне-летнем сроке компостирования. Уничтожение семян сорняков и дегельминтизация наиболее активно протекают при температуре в бурте выше 50 °С (термофильный режим). При достижении в смеси температуры 55 °С полная дегельминтизация наступает через четверо суток. Из-за неодинаковой температуры по сечению бурты в реальных условиях период дегельминтизации увеличивается до 1 месяца при положительной температуре наружного воздуха. При более низких температурах компост обезвреживается только через 4 месяца, при этом семена сорняков

могут оставаться всхожими. Потеря всхожести семян сорняков наблюдается при температуре 40 °С через 4 недели, при 43 °С — через 3 недели, при 50 °С — через неделю, при 55 °С — через двое суток.

При устойчивых отрицательных температурах потери тепла из штабеля превышают выделение тепла в результате микробиологических процессов. Процесс компостирования затухает и прекращается, смесь замерзает и консервируется. Для прохождения процесса компостирования в зимнее время бурты необходимо укрывать слоем торфа или соломы толщиной не менее 20–30 см, что экономически невыгодно и технически трудно выполнимо. Поэтому наиболее рациональным приемом при работе в зимнее время является накопление смеси в одном сплошном штабеле максимальной возможной высоты. С наступлением положительных температур, после оттаивания, смесь зимнего приоттаивания перебивается и рыхло укладывается в бурты для прохождения биотермического процесса. В результате компостирования навоза органическая масса становится более однородной, в результате чего улучшается качество распределения удобрений по поверхности поля.

**Оптимальный срок внесения подстильного навоза и компостов** на всех почвах, за исключением избыточно увлажненных песчаных, — осенью под зябь. По данным исследований, на связных дерново-подзолистых почвах агрономическая эффективность осеннего и весеннего внесения навоза примерно одинаковая. Однако осеннее внесение навоза имеет организационное преимущество. Традиционно сложившаяся практика использования основного количества органических удобрений в период сева яровых культур создает большое напряжение в весенне-полевых работах, отрицательно сказывается на качестве распределения по полю и заделке удобрений, приводит к переуплотнению почвы и затягиванию сроков сева. Переуплотнение почв ходовыми системами мобильных машин нарушает условия роста и развития растений, снижает урожайность сельскохозяйственных культур по следу колесных машин на 15–25 %, повышает удельное сопротивление почв при последующей обработке в 1,5–1,9 раза, ухудшает рельеф поверхности полей. При осеннем внесении сроки активной минерализации приближаются к периоду интенсивного потребления элементов питания пропашными культурами.

**Для эффективного использования бесподстильного навоза**

в качестве удобрения необходимо соблюдать следующие требования: норму внесения определять по потребности растений в азоте в расчете на планируемый урожай с учетом содержания его в навозе, коэффициента использования, степени окультуренности почвы и наличия удобрений в хозяйстве; она должна быть не выше потребности в нем растений; применять жидкий навоз на тех полях, где его можно быстро заделать в почву; в осеннее время бесподстильный навоз вносить в первую очередь на полях с высокой емкостью поглощения; следует избегать внесения навоза в зимний период на затопляемых весной участках, а также на склонах, где возможен смыв удобрений тальными водами. На склонах можно применять жидкий навоз только лишь при условии своевременной заделки в почву.

Одним из приемов повышения эффективности применения жидких удобрений является технология внутрипочвенного внесения жидкого навоза, позволяющая существенно снизить загрязнение окружающей среды.

Главное условие эффективного и экологически безопасного использования органических удобрений — равномерное внесение и своевременная заделка в почву. При разбрасывании навоза без заделки за 4 часа потери аммиачного азота могут достигать 55 %, за 12 часов — 65 %, за 24 часа — 70 %, за 48 часов — 80 %.

**Место в севообороте и дозы внесения.** Органические удобрения — не только основной источник пополнения запасов почвенного гумуса, но и поставщик азота, зольных макро- и микроэлементов, т. к. в экскременты животных от исходного содержания в корме поступает примерно 40–50 % органического вещества, столько же азота и 60–70 % фосфора и калия.

Твердые виды органических удобрений наиболее эффективны при внесении под пропашные и озимые зерновые культуры, т. е. культуры с длительным периодом вегетации.

Гораздо больший эффект от органических удобрений можно получить, распределяя их по большей площади с применением научно обоснованных доз, нежели при внесении высоких доз на ограниченных площадях. При равномерном распределении и своевременной заделке органических удобрений можно заметно снизить дозу минеральных удобрений.

**Дозы внесения подстильного навоза КРС** и компостов: под картофель — 40–60 т/га (на семенных посадках не более 40 т/га перепревшего навоза, весеннее внесение не допускается); под сахарную свеклу — 60–70 т/га, кормовые корнеплоды — 60–

70 т/га, кукурузу – 60–80 т/га, озимые зерновые – 30–50 т/га.

**Жидкий навоз** следует вносить под культуры, усваивающие большое количество элементов питания уже с самого начала вегетации: кукурузу (200–250 т/га), кормовые корнеплоды (200–250 т/га), однолетние травы (80–100 т/га), для подкормки многолетних трав (150–250 т/га). При условии равномерного распределения по полю жидкий навоз дает хорошие результаты при внесении под яровые зерновые культуры в дозах 40–60 т/га (таблица 3).

В полевых опытах установлено, что в зоне влияния животноводческих комплексов оптимальной дозой нагрузки при возделывании кукурузы на зеленую массу на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах является внесение жидкого навоза КРС в дозе 200 т/га, что обеспечивает получение условно чистого дохода от применения удобрений при хорошем качестве зеленой массы кукурузы (таблица 4).

Допустимая доза минеральных удобрений на фоне внесения жидкого навоза КРС в дозе 200 т/га составляет  $N_{45}P_{30}K_{75}$ , в дозе 100 т/га –  $N_{90}P_{60}K_{150}$ . Более высокие дозы минеральных удобрений способствуют удорожанию продукции и снижению показателей качества зеленой массы кукурузы (ПДК для нитратов – 500 мг/кг зеленой массы; оптимальное отношение калия к двухвалентным катионам – 1,4–2,2).

В связи с достаточно высокой стоимостью перевозки навоза на дальние поля, вблизи ферм и комплексов, где сосредоточено основное поголовье животных, целесообразно размещать пропашные севообороты, характеризующиеся большой потребностью в органических удобрениях.

Воспроизводство гумуса в почвах в этих севооборотах осуществляется преимущественно за счет традиционных органических удобрений. На удаленных от ферм полях следует размещать зернотравяные севообороты. В таких севооборотах воспроизводство плодородия почв можно обеспечить за счет пожнивно-корневых остатков возделываемых культур и использования на удобрение соломы и сидератов в сочетании с минеральными удобрениями.

**Воспроизводство плодородия почв на отдаленных от ферм участках**

**Солома** является одним из самых дешевых и доступных источников органического вещества. В первую очередь следует планировать на удобрение солому тех культур, которые не используются на другие нужды, – побочную продукцию кукурузы на зерно, подсолнечника, гречихи, рапса и зернобобовых культур. По содержанию углерода солома в 3,5–4,0 раза превосходит подстилочный навоз: из 1 т соломы может образовываться 105–200 кг гумуса, в то время как из 1 т соломистого навоза – 30–50 кг. Кроме углерода, с 1 т зерновой соломы в почву возвращается в среднем 3,8 кг азота, 2,1 кг фосфора, 14,8 кг калия, 2,2 кг кальция, 0,9 кг магния и ряд

микроэлементов, которые больше накапливаются в соломе, чем в зерне.

**Сидераты** – это растения, частично или полностью используемые в качестве удобрения и являющиеся постоянно возобновляемым источником органического вещества, а при запашке бобовых сидератов еще и биологического азота. Сидеральные культуры повышают коэффициент полезного использования солнечной энергии на 23–25 %, способствуют экологическому оздоровлению почвы, фитосанитарной очистке полей от вредителей и возбудителей болезней, подавляют рост и развитие сорняков. Довольно действенны пожнивныя посевы в качестве кулисной культуры на эродированных и эрозионоопасных землях, предотвращая смыв и выдувание почвы и улучшая ее агрофизические свойства.

В хозяйствах с невысоким поголовьем скота или его отсутствием, а также на полях, отдаленных от ферм, куда транспортировка органических удобрений связана со значительными затратами, для воспроизводства плодородия почв важным агроприемом является заделка в почву измельченной соломы.

Измельчение соломы зерновых, зернобобовых, рапса, гречихи, кукурузы и подсолнечника осуществляется во время уборки комбайнами, оборудованными измельчителями соломы.

Таблица 3 – Влияние удобрений на урожай зерна ярового ячменя

| Вариант                   | Урожайность, ц/га | Прибавка к контролю, ц/га |
|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| Без удобрений (контроль)  | 17,3              | –                         |
| $N_{90+30}P_{90}K_{150}$  | 42,4              | 25,1                      |
| Жидкий навоз КРС, 60 т/га | 37,4              | 20,1                      |
| Эффлюент, 60 т/га         | 43,2              | 25,9                      |
| НСР <sub>05</sub>         | 4,21              |                           |

Таблица 4 – Влияние удобрений на агроэкономическую эффективность возделывания кукурузы на зеленую массу (влажность – 80 %, среднее, 2011–2013 гг.)

| Вариант                               | Урожайность, ц/га | Прибавка, ц/га | Условно чистый доход, USD/га | $NO_3^-$ , мг/кг | K/(Ca+Mg)   |
|---------------------------------------|-------------------|----------------|------------------------------|------------------|-------------|
| Без удобрений                         | 371               | –              | –                            | 140              | 1,76        |
| <b>Жидкий навоз, 100 т/га – фон 1</b> | <b>520</b>        | <b>149</b>     | <b>122</b>                   | <b>215</b>       | <b>1,95</b> |
| Фон 1 + $N_{45}P_{30}K_{75}$          | 571               | 200            | 127                          | 250              | 2,04        |
| Фон 1 + $N_{90}P_{60}K_{150}$         | 612               | 241            | 111                          | 288              | 2,15        |
| Фон 1 + $N_{90+40}P_{95}K_{270}$      | 617               | 246            | 4                            | 340              | 2,52        |
| <b>Жидкий навоз, 200 т/га – фон 2</b> | <b>621</b>        | <b>250</b>     | <b>140</b>                   | <b>398</b>       | <b>2,17</b> |
| Фон 2 + $N_{45}P_{30}K_{75}$          | 635               | 264            | 66                           | 460              | 2,61        |
| Фон 2 + $N_{90}P_{60}K_{150}$         | 638               | 267            | –33                          | 505              | 2,73        |
| <b>Жидкий навоз, 400 т/га – фон 3</b> | <b>685</b>        | <b>314</b>     | <b>–122</b>                  | <b>980</b>       | <b>3,12</b> |
| Фон 3 + $N_{45}P_{30}K_{75}$          | 698               | 327            | –198                         | 1075             | 3,25        |
| Фон 3 + $N_{90}P_{60}K_{150}$         | 702               | 331            | –294                         | 1280             | 3,24        |
| <b>Жидкий навоз, 600 т/га – фон 4</b> | <b>750</b>        | <b>379</b>     | <b>–381</b>                  | <b>1850</b>      | <b>3,24</b> |
| НСР <sub>05</sub>                     | 40                |                |                              | 64,1             |             |

Длина резки соломы – 5–7 см с максимально равномерным распределением по полю.

Не следует измельчать солому на полях, где планируется обработка глифосатсодержащими гербицидами, т. к. эффективность обработки будет снижаться из-за неполного покрытия препаратом всходов сорняков. Не следует измельчать солому на полях, где планируется посев озимого рапса, т. к. солома будет препятствовать качественному севу и равномерным всходам.

После измельчения соломы рапса, зерновых, зернобобовых, гречихи в максимально сжатые сроки проводят лущение на глубину 10–12 см. Через три–четыре недели после прорастания сорняков и падалицы предшествующей культуры проводят вспашку.

После уборки кукурузы на зерно и подсолнечника на семена проводят лущение тяжелыми боронами типа БДТ-7, БДТ-10 или вспашку.

**Внесение компенсирующей дозы азота по соломе.** При севе озимых зерновых культур по измельченной соломе обязательным агроприемом является внесение компенсирующих доз азота в виде КАС, карбамида или жидкого навоза в дозе 30–50 т/га.

На отдаленных полях, куда не вносится навоз, отмечается низкая биологическая активность почвы. Заделка соломы на таких участках приводит к угнетению растений последующей культуры. В НИЛ молекулярной генетики и биотехнологии кафедры генетики биологического факультета БГУ разработано микробиологическое удобрение Жыцень, предназначенное для ускорения разложения пожнивных остатков и подавления патогенной микрофлоры. Институтом микробиологии за-

регистрирован микробный препарат Полибакт аналогичного действия. Эти препараты вносятся по соломе в дозе 3 л/га с последующей заделкой. Микробные препараты активизируют биологическую активность почвы, ускоряют разложение соломы и соответственно снижают ее негативное влияние на рост и развитие последующей культуры. В полевом опыте нами установлено, что заплата соломы овса и листоватой кукурузы обеспечила тенденцию роста урожая зерна кукурузы: прибавка в среднем за 2 года составила 5,0 ц/га при НСР<sub>05</sub> – 5,9 ц/га. Солома с компенсирующей дозой азота и с обработкой микробиологическим удобрением Жыцень имела практически одинаковую агрономическую эффективность: прибавка урожая составила 17,9 и 18,5 ц/га зерна кукурузы, однако условно чистый доход в варианте с применением удобрения Жыцень был выше на 60 USD/га. Максимальная прибавка урожая зерна кукурузы получена при заплата соломы с внесением компенсирующей дозы азота в составе жидкого навоза КРС – 29,0 ц/га (рисунок 2).

Применение бесподстилочного навоза по измельченной соломе по своему действию на содержание гумуса и урожайность сельскохозяйственных культур не уступает подстилочному навозу.

**Посев сидеральных культур по соломе.** Различные виды органических удобрений характеризуются разным отношением углерода к азоту, при внесении целесообразно сочетать их таким образом, чтобы данное отношение приблизить к оптимальному – (20–30) : 1.

Эффективным приемом улучшения гумусированности почвы и ее биологической активности является совместное использование соломы

и сидератов. После заделки сидерата зеленая масса быстро минерализуется, высвобождая питательные вещества, что на почвах легкого гранулометрического состава приводит к непроизводительным их потерям. Так, например, отношение углерода к азоту в зеленой массе люпина составляет 12 : 1. При совместном использовании зеленого удобрения и соломы разложение органического вещества протекает при отношении С : N в пределах (20–30) : 1, т. е. этот показатель приближается к оптимальному.

В качестве промежуточной культуры, высеваемой пожнивно по измельченной соломе, эффективно использование горчицы белой, редьки масличной, люпина сидерального. Сев пожнивной культуры необходимо проводить не позднее третьей декады июля – первой декады августа. После измельчения соломы вносят азотные удобрения из расчета 60 кг/га д. в. или 30 т/га жидкого навоза и сразу проводят дискование на глубину 10–12 см и высевают редьку масличную, горчицу белую или другую сидеральную культуру. Зеленая масса пожнивной культуры может использоваться на корм скоту или удобрение.

### Заключение

Воспроизводство органического вещества дерново-подзолистых почв и улучшение их агрофизических свойств должно осуществляться всеми средствами систем земледелия: оптимизацией структуры посевных площадей, обработки почвы, применения органических и минеральных удобрений, известкования.

Наиболее значимо для воспроизводства органического вещества почвы возделывание многолетних трав и внесение подстилочного навоза,

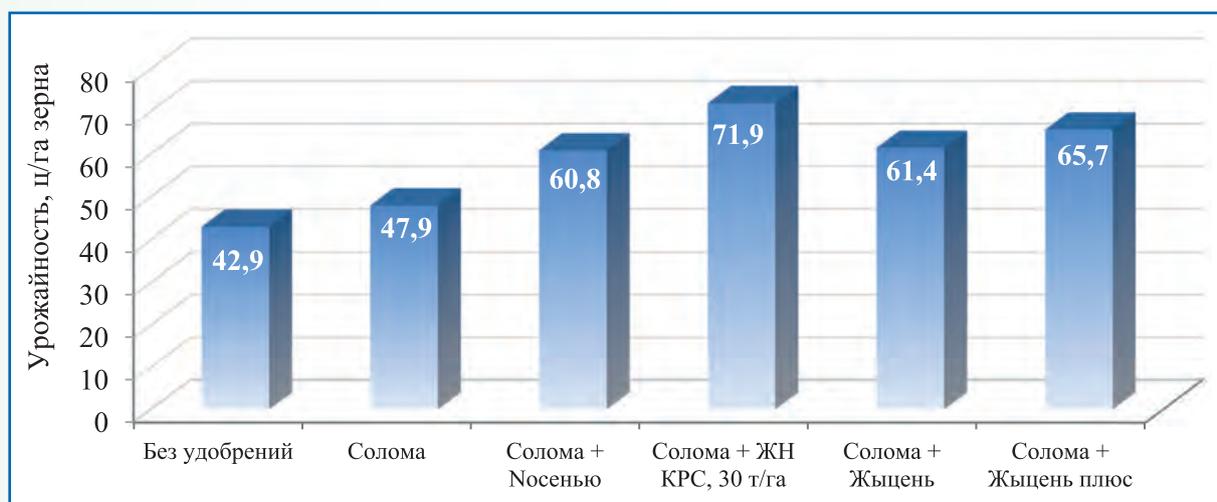


Рисунок 2 – Влияние заделки соломы с компенсирующей дозой азота и обработкой микробиологическими удобрениями на урожай зерна кукурузы (НСР<sub>05</sub> – 5,9 ц/га, среднее, 2016–2017 гг.)

помета, а также разных видов компостов. При этом серьезное внимание нужно уделять качеству органических удобрений и срокам их внесения. Оптимальная схема применения органических удобрений должна предусматривать весенне-летнюю заготовку и внесение их с осени.

За счет применения только жидкого навоза нельзя добиться поддержания гумуса на исходном уровне, не ухудшив показателей качества товарной части урожая возделываемых культур и не оказав негативного влияния на окружающую среду. Еще

в большей степени это касается органических удобрений, получаемых на выходе биогазовых установок. В севооборотах с применением жидких органических удобрений воспроизводство органического вещества почвы следует планировать за счет внесения других источников органического вещества (например, соломы).

Не возобновляемые источники органического вещества, такие как торф и сапропели могут использоваться только с условием высокой окупаемости прибавкой урожая, но не для увеличения запасов гумуса.

На удаленных от ферм полях воспроизводство гумуса можно обеспечить за счет использования на удобрение соломы и сидератов.

#### Контактная информация

Серая Таисия Михайловна 8 017 212 41 08

УДК 631.82:633

## НОВЫЕ ФОРМЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ для сельскохозяйственных культур: разработка, освоение и применение

Г. В. Пироговская, доктор с.-х. наук, С. С. Хмелевский, В. И. Сороко, кандидаты с.-х. наук,  
О. И. Исаева, научный сотрудник  
Институт почвоведения и агрохимии

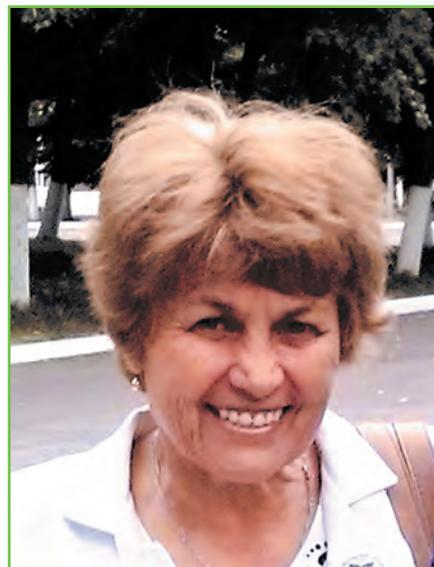
Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства предусматривает получение сельскохозяйственной продукции, обеспечивающей укрепление здоровья и увеличение продолжительности жизни человека. Рост мирового населения уже к 2050 г. примерно составит  $11,5 \times 10^9$  человек, что увеличит спрос на сельскохозяйственную продукцию и продукты питания. Это будет способствовать повышению спроса на минеральные удобрения, которые оказывают положительное влияние на рост и развитие растений, увеличивают урожайность и улучшают качество продукции. Дальнейший спрос на продукты питания может быть удовлетворен в основном за счет увеличения продукции на существующих пахотных землях, так как возможностей для освоения новых земель, при изменяющихся климатических условиях, для растениеводства мало.

Одной из главных задач рационального развития сельскохозяйственного производства является сбалансированное внесение питательных элементов под культуру. Питательные вещества почвы, вынесенные продукцией, должны быть возмещены, иначе в последующем будет наблюдаться снижение почвенного плодородия и производства растительной продукции. Известно

также, что неспособность поддерживать уровень питательных элементов в почвах привело к исчезновению многих цивилизаций [С. Ponting, 1990]. В истории наблюдались периоды массового голода, а несбалансированные системы внесения питательных элементов под возделываемые сельскохозяйственные культуры спровоцировали существенное ухудшение состояния окружающей среды [W. A. Dando, 1980].

В современных условиях требуются новые научные подходы по созданию и применению экологически безопасных технологий, продуктов и материалов, которые могли бы обеспечить внутренние потребности государства и выход на международный рынок, что позволит снизить затраты на импортозамещение и в целом повысить рентабельность возделывания сельскохозяйственных культур.

В 90-х годах прошлого столетия большое внимание при производстве минеральных удобрений уделялось повышению содержания в них питательных веществ, улучшению их физических свойств и увеличению объемов производства удобрений, содержащих в своем составе 2–3 элемента и более, так называемых комплексных. Возрастали объемы производства комплексных удобрений, а использование односторонних и низ-



Г. В. Пироговская,  
заведующая лабораторией новых форм  
удобрений и мелиорантов

копроцентных форм удобрений снижалось. Производство комплексных удобрений в основном осуществлялось в Европе (ФРГ и Франция – 60 % общего производства). Выпускались как хлорсодержащие, так и бесхлорные удобрения. В качестве модифицирующих добавок использовались преимущественно сера, магний, кальций, бор. Соотношение элементов питания в комплексных удобрениях было различным и зависело от воз-

дельваемой сельскохозяйственной культуры.

В последние годы во многих странах получен широкий спектр новых форм твердых и жидких комплексных удобрений, содержащих макро- и микроэлементы (в сульфатной или хелатной форме – с ЕДТА, ДТРА, ИДХА или другими органическими добавками), регуляторы роста растений, в том числе биологически активные соединения природного, химического, растительного и микробного происхождения, а также пестициды и т. д., применяемые в качестве основного удобрения или некорневых подкормок по вегетирующим растениям. Изучено в той или иной степени их влияние на рост и развитие растений, продуктивность сельскохозяйственных культур.

Производство комплексных, или сложно-смешанных, удобрений осуществляется различными фирмами: Kemira-Agro, Arvi, Буйский химический завод, Великий Новгород, Фер-

гусон Индастриаз, «Укртехнофос», «Мозаик», «Росапатитивес», «Украгроком», «Сумыхимпром», «Агрон», «Валагро», БАСФ, «Агромастер» и др. [Katalogas KEMIRA UAB KEMIRA AGRO VILNIUS, 98; T. P. Hidnett, 1968; Ф. В. Янишевский, 1978; Информационный меморандум ЗАО «УКАГРО НПК», 2010; Каталог ARVI «Новая технология. Новые удобрения. Новое качество», 2001; Рекламный проспект ООО «Поликraft»].

Актуальность и перспективность этих работ обусловлена тем, что в экономически развитых европейских странах в виде комплексных удобрений уже используется около 65 % от общего объема применяемых удобрений.

В Республике Беларусь учеными Института почвоведения и агрохимии (лабораторией новых форм удобрений и мелиорантов, зав. лабораторией, доктор с.-х. наук Г. В. Пироговская) совместно с другими научными

учреждениями и химическими предприятиями республики разработана целая серия новых форм минеральных удобрений для ряда сельскохозяйственных культур (лен-долгунец и лен масличный, сахарная свекла, озимые и яровые зерновые культуры, озимый рапс, гречиха, картофель, кукуруза, бобовые и зернобобовые, овощные культуры, многолетние злаковые и бобово-злаковые травы и др.), возделываемых на почвах различного уровня плодородия. В состав удобрений вводились микроэлементы в форме сульфатов или хелатов, регуляторы или стимуляторы роста растений, полученные из природного сырья (торфа, бурого угля, сапропеля, вермикомпоста), из вторичных ресурсов (отходов крахмального, бродильного и растительного производства), регуляторы роста растений, полученные химическим путем (брасиностероиды) и связующие [Г. В. Пироговская, 2000].

**Ассортимент гранулированных комплексных с микроэлементами и жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов удобрений для сельскохозяйственных культур**

| Культуры   | Марки удобрения (NPK) для почв разного уровня плодородия  |
|--|---|
| <b>Удобрения комплексные для основного внесения в почву</b>  |   |
| Озимые зерновые культуры                                     | 5–16–35; 7–21–36; 7–16–31 (Cu, Mn, регулятор роста растений)  |
| Яровые зерновые культуры                                     | 13–11–18; 16–12–20; 14–11–19; 13–8–17 (Cu, Mn, S, регулятор роста)  |
| Пивоваренный ячмень  | 9–13–18; 9–18–24; 8–14–20; 10–18–22; 13–19–25; 10–16–19 (Cu, Mn, S)   |
| Крупяные культуры  | 10–19–25; 16–12–20; 13–7–15; 13–9–17 (B, Zn, Fe)  |
| Лен-долгунец   | 5–16–35; 6–21–32; 7–15–29 (B, Zn, Fe)   |
| Лен масличный  | 10–12–20; 12–14–28; 13–11–22; 13–8–14 (B, Zn, Fe)   |
| Сахарная свекла  | 13–12–19; 16–12–20; 14–8–18; 17–9–22 (Na, S, B, Mn)   |
| Озимый рапс  | 6–20–30; 8–18–25; 7:16:31; 5–16–35 (S, B, Mn)   |
| Картофель  | 13–8–17; 16–12–24; 14–11–18; 14–12–21 (B, S, Cu, Mn, регулятор роста)   |
| Бобовые и зернобобовые культуры                              | 5–18–35; 6–21–32; 7–20–30; 7–17–31 (B, Mo, регулятор роста растений)  |
| Кукуруза   | 14–13–20; 15–12–18; 14–10–18 (Zn, B, Cu, Mn, Co)  |
| Морковь  | 16–12–20; 14–10–19; 13–12–19; 13–7–15 (S, B, Cu)  |
| Столовая свекла  | 16–12–20; 13–12–19; 13–7–17 (S, B, Na, Mn, регулятор роста растений)  |
| Капуста  | 16–12–20; 13–12–19; 13–7–19 (S, B, Zn, Mo)  |
| Подсолнечник   | 10–18–22; 13–11–19; 14–12–20; 16–12–20 (Mg, B, Cu, Mn)  |
| Однолетние бобово-злаковые и злаковые травосмеси             | 14–10–19; 16–12–20 (B, Cu, Mn)  |
| Многолетние злаковые травосмеси                              | 13–11–21; 14–10–19 (Cu, B, Zn, Mn)  |
| Многолетние бобово-злаковые травосмеси                       | 7–15–30; 8–15–28; 8–17–27 (B, Mo, Zn). 7–0–24   |
| Многолетние бобово-злаковые и злаковые травосмеси            | Удобрения жидкие азотно-калийные (NK)<br>10–0–12; 12–0–12; 17–0–10  |
| Хмель  | 13–9–19; 13–12–19; 13–12–21 (S, B, Zn, Cu, Fe)  |
| Зеленые насаждения (городское озеленение)                    | 13–7–15; 13–11–21; 16–12–20; 7–20–30; 5–16–35 (S, Mg, B, Mo)  |
| <b>Удобрения жидкие комплексные для некорневых подкормок</b> |   |
| Для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур        | 8–4–9 (B, Cu, Co) – для моркови;<br>8–4–9 (Na, B, Mn) – для свеклы;<br>8–4–9 (B, Zn, Mo) – для капусты и кукурузы;<br>8–4–9 (B, Zn, Mo) – для капусты и кукурузы;<br>5–7–10 (B, Mo) – для бобовых и зернобобовых;<br>5–7–10 (B, Cu, Zn) – для льна-долгунца и льна масличного;<br>8–4–9 (Cu, Mn) – для зерновых;<br>8–4–9 (B, Cu, Mn) – для картофеля;<br>6–3–8 (B, Cu, Mn) – для цветов, зеленых насаждений. |

Отличительная особенность новых форм комплексных удобрений состоит в том, что макро-, микроэлементы, регуляторы роста растений включены в одну гранулу в оптимальном соотношении, с учетом почвенного плодородия, для конкретной сельскохозяйственной культуры.

Разработкой комплексных удобрений Институт почвоведения и агрохимии занимался с 2000 г. Программа исследований включала определение оптимальных соотношений элементов минерального питания для конкретных сельскохозяйственных культур с учетом их биологических особенностей и уровня плодородия почв, разработку составов, оценку их агрохимической эффективности в полевых и производственных опытах, разработку технических условий на их производство, токсиколого-гигиеническую экспертизу удобрений, совместную наработку с центральной заводской лабораторией Гомельского химического завода опытных и опытно-промышленных партий удобрений, обязательное патентование заявляемых форм удобрений, регистрацию в соответствии с действующим законодательством в Госхимкомиссии Республики Беларусь и разработку рекомендаций по их применению. Патентование новых форм комплексных удобрений проводилось не только на состав, но и на способ их получения (каждый патент включал несколько составов удобрений в зависимости от уровня плодородия почв). На комплексные удобрения получено 33 патента и опубликовано 18 рекомендаций по их эффективности и применению. Основным разработчиком всех форм комплексных удобрений был Институт почвоведения и агрохимии, по некоторым культурам в качестве соисполнителей привлекались сотрудники Института природопользования, Института овощеводства, Института льна, Полесского института растениеводства, ИБОХ и ИОНХ НАН Беларуси и др., которые включались в состав авторов публикаций и патентов. За указанный период лабораторией разработано 84 формы комплексных удобрений для основного внесения в почву и в подкормки под различные сельскохозяйственные культуры (таблица).

Промышленное производство новых комплексных удобрений освоено на ОАО «Гомельский химический завод», ОАО «Беларуськалий», ОАО «Гомельхимторг». Наиболее широко производились комплексные удобрения для льна, сахарной свеклы, озимого рапса, несколько меньше – для зерновых культур (озимых и пивоваренного ячменя), кукурузы, подсолнечника и многолетних трав. Общий

объем производства и применения комплексных удобрений для основного внесения в почву перед севом сельскохозяйственных культур составил 483,7 тыс. т ф. в. с общим объемом продаж 112270,1 тыс. USD (рисунк 1).

Разработчиком удобрений жидких комплексных для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур являются РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и ОАО «Гомельский химический завод», производителями – ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Гомельхимторг». За период с 2007 г. и по настоящее время выпущено удобрений жидких комплексных с хелатными формами микроэлементов 640,4 т, с объемом продаж 404,8 тыс. USD (рисунок 2).

Исследования агрохимической эффективности новых форм ком-

плексных удобрений проводили в полевых и производственных опытах на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава и уровня плодородия, на различных сельскохозяйственных культурах. Имеется большой объем экспериментальных данных, свидетельствующих о положительном их влиянии на рост и развитие растений, повышение урожайности и улучшение качества продукции.

В качестве базовых объектов для сравнения эффективности новых форм минеральных удобрений использовали варианты с внесением смеси стандартных туков (карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий) или комплексных удобрений без добавок с аналогичным соотношением элементов питания, в одних и тех же севооборотах



Рисунок 1 – Объем выпуска комплексных гранулированных удобрений для основного внесения в почву под основные сельскохозяйственные культуры



Рисунок 2 – Объем выпуска удобрений жидких комплексных для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур

при одинаковых системах удобрения (минеральной или органоминеральной).

Полученные экспериментальные данные (2006–2017 гг.) свидетельствуют, что применение в технологии возделывания сельскохозяйственных культур комплексных удобрений с модифицирующими добавками (микроэлементами и регуляторами роста растений) при основном внесении в почву обеспечивало увеличение их продуктивности и улучшение качества продукции по сравнению с аналогичными комплексными удобрениями без добавок, а также стандартными туками:

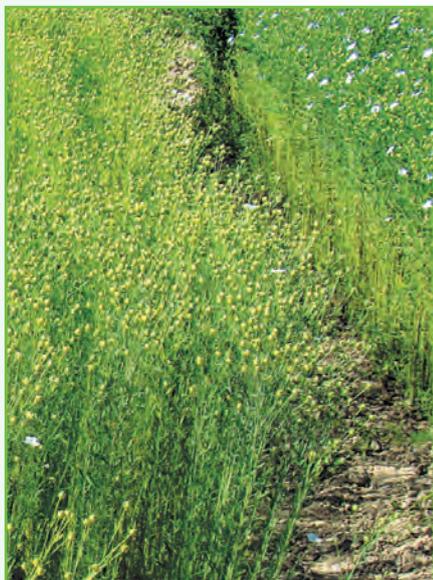
- при внесении удобрений **под озимые зерновые культуры (пшеница, тритикале)** – повышение урожайности в среднем на 3,9–5,8 ц/га зерна, улучшение показателей качества зерна за счет увеличения содержания сырого белка на 0,24–0,50 %, клейковины – на 0,6–3,3 %, суммы незаменимых аминокислот – на 2,13–3,46 и критических – на 0,32–0,66 г/кг зерна;
- **под яровые зерновые культуры** – увеличение урожайности яровой пшеницы на 3,5–4,6 ц/га зерна, ячменя – 1,7–4,3, ярового тритикале – 2,8–3,7, овса – 1,8–4,2 ц/га, содержание белка в зерне на 0,2–0,7 %; суммы критических аминокислот – на 0,06–1,67 г/кг зерна, незаменимых аминокислот – на 0,23–5,31 г/кг зерна;
- **под картофель** – повышение урожая клубней на 20–48 ц/га, при одновременном улучшении качества клубней за счет повышения содержания крахмала (на 0,1–0,2 %) , товарности клубней (на 0,9–1,9 %) и снижения содержания нитратов (на 16,8–20,0 %);
- **под крупяные культуры (гречиха, просо)** – прибавка урожая зерна гречихи от бесхлорных удобрений

в среднем составила 5,2 ц/га, хлорсодержащих – 2,8–4,5 ц/га, повышение содержания критических аминокислот – на 0,89 г/кг зерна, лизина – 4,04–5,14 г/кг зерна;

- **под лен-долгунец** – повышение урожая соломки (на 5–10 ц/га), семян (на 1,9–2,2 ц/га) и выхода длинного волокна (на 0,5–1,0 ц/га) с получением льноволокна, отвечающего стандартам качества;
- **под лен масличный** – увеличение урожая семян льна масличного на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах с уровнем кислотности  $pH_{KCl}$  – 5,15–5,90 на 1,1–2,8 ц/га при урожае соломки (сухое вещество) – 43,7–58,0 ц/га; соответственно на почвах с уровнем кислотности  $pH_{KCl}$  – 6,1–6,4 – на 0,3–3,3 ц/га при урожае соломки – 37,0–50,0 ц/га; сбора масла – на 0,2–1,4 ц/га при общем его сборе на уровне 4,2–5,9 ц/га с качеством масла в пределах стандарта по содержанию многократно ненасыщенных жирных кислот (α-линоленовая и линолевая), простых ненасыщенных и насыщенных жирных кислот;
- **под сахарную свеклу** – увеличение урожайности на 35–80 ц/га корнеплодов, сбора сахара – на 1,3–3,8 т/га при улучшении качества корнеплодов за счет снижения содержания альфа-аминного азота и натрия;
- **под озимый рапс** – прибавка урожая семян в размере от 2,5 до 7,0 ц/га с качеством семян, соответствующим нормативным значениям;
- **под кукурузу** – увеличение урожая зеленой массы кукурузы на 9–13 %, сбора кормовых единиц – на 14,9–20,6 ц/га при сборе протеина на уровне 15,6–19,0 ц/га и обеспе-

спеченности 1 кормовой единицы протеином – 74,0–87,2 г, с повышением окупаемости 1 кг NPK на 4,7–6,5 к. ед.; соответственно повышение урожая зерна кукурузы на 20–25 ц/га, сбора кормовых единиц – на 18,4–24,6 ц/га, сбора протеина – на 1,8–2,6 ц/га, обеспеченности 1 кормовой единицы протеином – на 1,9–3,7 г и окупаемости 1 кг NPK – на 3,4–7,8 к. ед.;

- **под зернобобовые** – обеспечивало прибавку урожая зеленой массы (19–40 ц/га), повышение содержания сырого протеина (на 0,2–2,1 %) и его сбора (1,4–2,9 ц/га), обеспеченности 1 кормовой единицы переваримым протеином (3,3–14,7 г); увеличение урожая семян люпина – на 1,3–2,8 ц/га, содержания сырого протеина – на 1,3 %, сбора протеина – на 0,5–1,3 ц/га, обеспеченности 1 к. ед. переваримым протеином – на 4,6–15,5 г, содержания незаменимых аминокислот в семенах – на 0,97–7,59 г/кг, что позволило уменьшить расход корма на 10–14 % по сравнению с продукцией, полученной при внесении стандартных удобрений;
- **под подсолнечник** – повышение урожая зеленой массы на 30–129 ц/га, сухого вещества – на 5,8–25,8 ц/га, с получением прибыли в размере 25,7–10,6 USD/га и рентабельностью 5,2–12,2 % (на легкосуглинистых почвах); с прибылью от 3,8 до 13,9 USD/га и рентабельностью – 1,9–6,8 % (на связно-, рыхлосупесчаных почвах); повышение урожая семян на 2,1–5,2 ц/га, содержания масла – на 0,5–1,3 % и снижение невыполненности корзинки на 8–10 %;
- **под овощные культуры** – увеличение урожая сухого вещества моркови – на 4,5–6,9 ц/га, столовой свеклы – 4,1–7,2, капусты –



6,3–18,1 ц/га при снижении уровня накопления нитратов в продукции на 11–20 % и, в большей степени, от комплексных бесхлорных удобрений с модифицирующими добавками;

➤ **под многолетние злаковые травосмеси** – увеличение продуктивности на 4,2–8,8 ц/га к. ед., соответственно под **бобово-злаковые** – на 5,3–17,9 ц/га к. ед. при повышенном содержании протеина и качестве корма I–II класса, соответствующем зоотехническим нормативам;

➤ **под зеленые насаждения** – обеспечивало положительное влияние на общее состояние зеленых насаждений и их декоративность (на рост и развитие верхушечного и боковых побегов, корневой системы), сохранение и поддержание их активной жизнедеятельности.

При стоимости комплексных удобрений с модифицирующими добавками на 5–15 % дороже стандартных удобрений, обеспечивалась более высокая рентабельность (на 15–87 % в зависимости от культуры) их применения.

Установлено, что применение в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в период вегетации дополнительных некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с хелатными формами микроэлементов на фоне основного внесения в почву стандартных туков, или комплексных удобрений, позволяет:

- **повысить урожай:** зерна озимых и яровых зерновых – на 3,0–7,4 ц/га; зерна бобовых и зернобобовых культур – на 0,7–3,6 ц/га; зеленой массы однолетних и многолетних трав – на 34–64 ц/га; клубней картофеля – на 9–12 ц/га; корнеплодов моркови – на 40–

90 ц/га; корнеплодов свеклы столовой – на 24–51 ц/га; капусты белокочанной – на 60–80 ц/га; семян льна-долгунца – на 0,6–0,9 ц/га, соломки – на 5,2–7,7 ц/га, общего волокна – на 1,2–4,5 ц/га, длинно-го – на 0,8–4,0 ц/га.

- **улучшить качество продукции за счет:** увеличения в зерне озимой пшеницы содержания клейковины – на 1,1 %, белка – на 0,2 %, азота – на 0,04–0,08 %; озимого тритикале – сырого протеина на 0,38–0,50 %, азота – на 0,06–0,08 %; в зерне яровой пшеницы – незаменимых аминокислот на 1,98–2,48 и критических – 1,06–1,28 г/кг зерна; в клубнях картофеля – содержания крахмала на 0,6–1,3 %, товарности – на 6,4 %; улучшения качества овощных культур (повышение содержания сахаров и витаминов, снижение содержания нитратов) и многолетних травосмесей (увеличение содержания сырого протеина на 1,2–1,7 ц/га и обеспеченности 1 к. ед. переваримым протеином).

Удобрения жидкие комплексные с модифицирующими добавками, производимые на ОАО «Гомельский химический завод» и ОАО «Гомельхимторг» (бесхлорные), по своей эффективности не уступают лучшим зарубежным аналогам (басфолиар, кристалон и др.).

Кроме комплексных удобрений, Институтом почвоведения и агрохимии совместно с химическими предприятиями республики разработаны также новые формы азотных и азотно-серосодержащих удобрений с регуляторами роста растений и микроэлементами (21 патент), а также калийные и фосфорные (5 патентов), существенно улучшающие их свойства. Разработаны технические условия, проведена регистрация удобрений в Госхимкомиссии Республики

Беларусь. Освоено их промышленное производство и было выпущено всего 343,8 тыс. т, в том числе: на ОАО «Гродно Азот» – карбамида с гидрогуматом – 292,8 тыс. т ф. в., КАС с гидрогуматом – 45,2 тыс. т, на ОАО «СветлогорскХимволокно» – азотно-серосодержащих удобрений в количестве 5,8 тыс. т с общим объемом продаж – 65,0 млн долл. США (рисунок 3).

**Основные характеристики и преимущества новых форм азотных и азотно-серосодержащих удобрений перед стандартными формами**

**Карбамид с гидрогуматом** содержит 46 % азота в амидной форме и регулятор роста растений гуминовой природы, выделенный из торфа гидрогумат, который обладает ростстимулирующими, адаптогенными и протекторными свойствами, усиливает иммунитет растений к неблагоприятным факторам среды.

Отличается от стандартного карбамида своим внешним видом (светло-коричневого цвета). Характеризуется хорошими физико-химическими свойствами, обладает пролонгированным сроком действия и замедленной растворимостью в почве (в 1,2 раза медленнее) по сравнению со стандартным карбамидом. Обеспечивает питание растений азотом в течение всего периода вегетации. При этом наиболее интенсивное азотное питание растений наблюдается в конце фазы кущения – начало трубкования, когда закладываются основные слагающие урожая, а также в фазе молочно-восковой спелости азотное питание определяет белковость зерна и его качество в целом.

Экологические преимущества карбамида с гидрогуматом по сравнению со стандартным карбамидом: снижает потери азота в систему «почва–вода–



Рисунок 3 – Производство жидких азотных и азотно-серосодержащих удобрений в Республике Беларусь

воздух», в том числе потери азота при вымывании – на 25–35 % в зависимости от гранулометрического состава почв, газообразные потери азота – на 10–15 %, водорастворимого органического вещества – на 15–20 % по сравнению со стандартным карбамидом.

Применение карбамида с регулятором роста растений под сельскохозяйственные культуры увеличивало урожайность в среднем на 18 %: на легких почвах зерновых – на 16–20 %, пропашных – 20–25 %, на легкосуглинистых и связносупесчаных – на 10–20 % при одновременном улучшении качества продукции за счет снижения содержания нитратов на 15–30 %, увеличения содержания белка, сахара и крахмала, уменьшения загрязнения урожая  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и тяжелыми металлами на 10–30 % по сравнению со стандартным карбамидом.

Окупаемость 1 кг д. в. азота гуматсодержащего карбамида выше, чем стандартного: на 1 кг азота дополнительно получено в среднем 4–5 кг зерна (ячменя, овса, озимой пшеницы, трикале и ржи), 30 кг клубней картофеля, 40–50 кг корнеплодов сахарной свеклы и кормовых корнеплодов, 50 кг зеленой массы однолетних трав и 4 кг сена многолетних травосмесей. Дополнительный чистый доход на 1 га пашни по сравнению со стандартным карбамидом составлял от 14 до 25 долл. США (в зависимости от возделываемой сельскохозяйственной культуры).

Ранее карбамид с регулятором роста растений выпускался (2003–2011 гг.) на ОАО «Гродно Азот».

**КАС с гидрогуматом или с регулятором роста растений и микроэлементами** – жидкое азотное (карбамид-аммонийно-нитратное) удобрение на основе КАС, представляет собой раствор карбамида и аммиачной селитры ( $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , содержит азот (N) – 26–32 % и регулятор роста растений гуминовой природы гидрогумат (БАД), (выпускалось на ОАО «Гродно Азот»); удобрение азотное медленнодействующее с добавками микроэлементов и биологически активных веществ – содержит азот (N) – 26–32 %, Cu – 0,15–0,4 %, Mn – 0,10–0,18 % и БАД (планируется выпуск с 2018 г. на ОАО «АзотХимФортис» (г. Гродно). Это голубоватая (с включением только меди) или темно-коричневая (с микроэлементами и регулятором роста растений) жидкость со слабым запахом аммиака.

Удобрение с замедленной растворимостью азота в воде и в почве, обладает высокой агрохимической эффективностью. По сравнению со стандартным азотным удобрением КАС снижает потери азота при вы-

мывании на 25–35 %, обеспечивает повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 10–25 % с высоким качеством продукции.

Рекомендуется для основного внесения в почву и для корневых и некорневых подкормок растений. Это эффективное удобрение как для сельскохозяйственных, так и для овощных, плодово-ягодных и декоративных культур на любых почвах и преимущественно на почвах с низкой обеспеченностью медью.

**Азотно-серосодержащие удобрения** (АСУ-1, АСУ-2, КСА-21, КСА-23, Свежка 1, Свежка 2) – содержат главные элементы питания для растений – азот (N) – 10–24 % и серу (S) – 4–12 %. Жидкие азотно-серосодержащие удобрения могут дополнительно содержать и микроэлементы, которые вводятся в состав удобрений в зависимости от культуры (бор, медь, марганец, цинк, железо), а также биологически активные добавки (БАД – регуляторы роста растений, например, гидрогумат, эпин) и связующее (для получения медленнодействующих азотно-серосодержащих удобрений).

Сера играет важную роль в жизни растений. Она входит в состав белков, растительных масел, ферментов, витаминов, фитонцидов, играет важную роль в окислительно-восстановительных процессах как в почве, так и в растениях, участвует в процессах дыхания, в синтезе незаменимых аминокислот, витаминов, ферментов, углеводном и азотном обмене, синтезе хлорофилла и ассимиляции нитратов растениями. В своем специфическом действии сера не может замещаться другими элементами.

Дефицит серы в питании сельскохозяйственных культур ощущается при возделывании их на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава и почвах с низким содержанием гумуса, а также на переувлажненных почвах. При недостатке серы в почвах наблюдается пожелтение молодых листьев, а далее и всего растения, может появиться на средней жилке листьев или с обратной стороны розоватая окраска, листья курчавятся или скручиваются, развиваются слабо, на них появляются бледные с пурпурными краями пятна, растения приостанавливаются в развитии, цветение и созревание задерживается, образуются щуплые семена. Рост урожайности сельскохозяйственных культур приводит к увеличению выноса азота и серы с урожаем, а недостаточное внесение



Производство карбамида с регулятором роста растений на ОАО «Гродно Азот»

их с удобрениями – основная причина отрицательного баланса этого элемента на пашне. **Наиболее отзывчивыми на внесение серосодержащих удобрений являются в первую очередь крестоцветные культуры: рапс яровой и озимый, редька масличная, горчица белая. Отзывчивы на серу также картофель, бобовые, зерновые и другие культуры.** Известно, что озимые зерновые культуры (озимая пшеница и озимое тритикале) положительно отзываются на внесение азотных и серосодержащих удобрений, которые применяются как в основное внесение в почву, так и в подкормки.

Агрохимические исследования, проведенные в полевых и производственных опытах, показали, что применение азотно-серосодержащих удобрений на фоне РК обеспечивало увеличение урожая сельскохозяйственных культур по сравнению со стандартным удобрением КАС: зерна озимой пшеницы – на 1,8–2,4 ц/га, зерна озимого тритикале – на 2,3–3,9 ц/га; семян озимого рапса – на 2,4–3,7 ц/га, семян ярового рапса – на 1,0–1,5 ц/га; клубней картофеля на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве – на 20–58 ц/га.

Выпуск жидких азотно-серосодержащих удобрений в перспективе планируется на ОАО «Гродно Азот».

### Заключение

Приведенные данные показывают, что одним из перспективных приемов при возделывании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям является применение комплексных удобрений с добавками микроэлементов и регуляторов роста растений, которые могут увеличить производство сельскохозяйственной продукции с улучшением ее качества.

### Контактная информация

Пироговская Галина Владимировна 8 017 212 48 15

УДК 631.812.2:633:631.445.2

# Жидкие комплексные микроудобрения МикроСтим в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур

М. В. Рак, кандидат с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

Важнейшим условием эффективности растениеводства является внедрение новых форм макро- и микроудобрений в современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Применение микроэлементов в системе удобрения способствует повышению эффективности минеральных удобрений, прежде всего азотных. Возрастающая роль микроэлементов в сельском хозяйстве Беларуси определяется дефицитом содержания их подвижных форм в почве, снижением почвенной кислотности и постоянным выносом урожаями.

В дерново-подзолистых почвах содержание микроэлементов определяется гранулометрическим составом. Наименьшим средневзвешенным содержанием отличаются песчаные и супесчаные почвы. Анализ результатов последних туров крупномасштабного обследования показал существенное изменение во времени содержания бора, меди и цинка в почвах Беларуси. Отмечается увеличение площади пашни с низким содержанием меди до 49,2 %, цинка – до 63,8 %. Доля пахотных почв 1 и 2 групп обеспеченности, где необходимо применение микроудобрений, высокая и составляет по бору 71,1 %, меди – 88,5 %, цинку – 90,8 %.

Исследованиями, проведенными в лаборатории микроэлементов Института почвоведения и агрохимии, установлено, что применение различных видов и форм микроудоб-

рений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур в соответствии с биологическими потребностями растений и учетом агрохимических свойств почв способствует повышению урожайности и улучшению качества растениеводческой продукции. При этом наиболее эффективной формой микроудобрений для растений являются комплексные соединения микроэлементов, которые более технологичны в применении и обладают высокой биологической активностью, что позволяет обеспечить лучшую доступность микроэлементов для растений. Однако жидкие комплексные формы микроудобрений в основном импортируются в республику. В связи с этим необходима разработка новых хелатных и органоминеральных форм отечественных микроудобрений и системы их применения при возделывании сельскохозяйственных культур.

Разработаны новые формы жидких комплексных микроудобрений МикроСтим, приготовленные на основе хелатов металлоэлементов и бора в органоминеральной форме. Кроме микроэлементов (медь, цинк, бор, марганец, молибден, кобальт) жидкие комплексные микроудобрения содержат регулятор роста растений природного происхождения Гидрогумат, что повышает их эффективность и отличает от других аналогичных форм микроудобрений. Состав и содержание микроэлементов соответствует



М. В. Рак,  
заместитель директора, заведующий  
лабораторией микроэлементов

биологическим потребностям сельскохозяйственных культур. Новые микроудобрения прошли регистрацию и внесены в Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь. В соответствии с техническими условиями разработаны опытно-промышленные технологические регламенты на их производство. По лицензионным договорам освоено производство новых жидких комплексных микроудо-



Таблица 1 – Дозы и сроки применения жидких комплексных микроудобрений МикроСтим для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур

| Марка микроудобрения*    | Состав   | Культура  | Дозы внесения, л/га | Сроки некорневой подкормки  |
|--------------------------|--|---|---------------------|---|
| МикроСтим-Медь           | азот – 65 г/л; медь – 78 г/л; гуминовые вещества – 5,0 г/л               | озимые и яровые зерновые культуры                               | 0,65–1,0            | 1-я – в стадии 1-го узла; 2-я – в стадии 4-го узла  |
| МикроСтим-Марганец       | азот – 35 г/л; марганец – 50 г/л   |   | 1,0–1,5             |   |
| МикроСтим-Медь, Марганец | азот – 55 г/л; медь – 50 г/л; марганец – 50 г/л                          |   | 1,0                 |   |
| МикроСтим-Бор            | азот – 50 г/л; бор – 150 г/л   | озимый рапс   | 1,5–2,0             | 1-я – осенью, в фазе 4–6 листьев; 2-я – весной, в фазе формирования стебля; 3-я – перед цветением |
| МикроСтим-Марганец       | азот – 35 г/л; марганец – 50 г/л   |   | 1,0–1,5             |   |
| МикроСтим-Цинк, Бор      | азот – 93 г/л; цинк – 46 г/л; бор – 30 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л | кукуруза  | 2,0–3,0             |   |
| МикроСтим-Цинк           | азот – 90–115 г/л; цинк – 60–80 г/л                                      |   | 1,5–3,0             |   |
| МикроСтим-Бор            | азот – 50 г/л; бор – 150 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л               | картофель   | 0,66–1,0            | в фазе начало бутонизации   |
| МикроСтим-Бор            | азот – 50 г/л; бор – 150 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л               | сахарная свекла   | 1,5–2,0             | 1-я – в фазе 10–12 листьев; 2-я – в фазе смыкания рядков  |
| МикроСтим-Марганец       | азот – 35 г/л; марганец – 50 г/л   |   | 1,5–2,0             |   |
| МикроСтим-Бор            | азот – 50 г/л; бор – 150 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л               | лен-долгунец, лен масличный                                     | 0,33–0,66           | в фазе «елочка»   |
| МикроСтим-Цинк, Бор      | азот – 93 г/л; цинк – 46 г/л; бор – 30 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л |   | 1,0–2,0             |   |
| МикроСтим-Бор            | азот – 50 г/л; бор – 150 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л               | столовая свекла, морковь и другие корнеплодные овощные культуры | 1,0–1,5             | 1-я – в фазе 4–8 листьев; 2-я – через месяц после первой подкормки                                |
| МикроСтим-Цинк, Бор      | азот – 93 г/л; цинк – 46 г/л; бор – 30 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л | капуста белокочанная и другие капустные овощные культуры        | 2,0–3,0             | 1-я – в фазе розетки листьев; 2-я – начало формирования кочана                                    |
| МикроСтим-Бор            | азот – 50 г/л; бор – 150 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л               | земляника садовая   | 0,66                | 1-я – весной, в начале вегетации; 2-я – через 7–10 дней после первой подкормки                    |
| МикроСтим-Медь           | азот – 65 г/л; медь – 78 г/л; гуминовые вещества – 5,0 г/л               |   | 0,65                |   |
| МикроСтим-Медь           | азот – 65 г/л; медь – 78 г/л; гуминовые вещества – 5,0 г/л               | плодовые деревья  | 1,8                 | 1-я – в ранневесенний период; 2-я – фенофаза зеленый конус  |
| МикроСтим-Бор            | азот – 50 г/л; бор – 150 г/л; гуминовые вещества – 6,0 г/л               |   | 2,0                 |   |

| Марка микроудобрения* | Состав  | Культура         | Дозы внесения, л/га | Сроки некорневой подкормки  |
|-----------------------|---|------------------|---------------------|---|
| МикроСтим-Цинк, Бор   | азот – 93 г/л;<br>цинк – 46 г/л;<br>бор – 30 г/л;<br>гуминовые вещества – 6,0 г/л | плодовые деревья | 2,0                 | 1-я – фаза розового бутона;<br>2-я – после цветения;<br>3-я – размер плода грецкий орех |

Примечание – \*По лицензии Института почвоведения и агрохимии микроудобрения МикроСтим производят: ООО «БеловежХимПром», ООО «ВПК-актив», ИООО «Холл Кэмикал».

Таблица 2 – Эффективность некорневых подкормок сельскохозяйственных культур жидкими микроудобрениями МикроСтим

| Вариант   | Прибавка урожая, ц/га | Стоимость прибавки урожая | Затраты | Чистый доход | Рентабельность, % |
|---|-----------------------|---------------------------|---------|--------------|-------------------|
|   |                       | USD/га                    |         |              |                   |
| <b>Озимая пшеница</b>                           |                       |                           |         |              |                   |
| NPK + МикроСтим-Медь (0,1 кг/га д. в.)          | 7,5                   | 135,0                     | 40,0    | 95,0         | 238               |
| <b>Яровой ячмень</b>                            |                       |                           |         |              |                   |
| NPK + МикроСтим-Медь (0,05 кг/га д. в.)         | 4,0                   | 44,8                      | 20,3    | 24,5         | 121               |
| <b>Озимый рапс</b>                              |                       |                           |         |              |                   |
| NPK + МикроСтим-Бор (0,3 кг/га д. в.)           | 3,7                   | 111,7                     | 33,4    | 78,3         | 234               |
| <b>Сахарная свекла</b>                          |                       |                           |         |              |                   |
| Навоз + NPK + МикроСтим-Бор (0,6 кг/га д. в.)   | 55,0                  | 220,0                     | 106,3   | 113,7        | 107               |
| <b>Кукуруза, зерно</b>                          |                       |                           |         |              |                   |
| Навоз + NPK + МикроСтим-Цинк (0,15 кг/га д. в.) | 6,0                   | 111,6                     | 32,7    | 78,9         | 241               |

брений на предприятиях республики, что во многом решает проблему потребности сельского хозяйства в микроудобрениях.

Жидкие комплексные микроудобрения рекомендованы для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок сельскохозяйственных культур в период вегетации. Оптимизация системы микроэлементного питания растений позволила оценить в многофакторных полевых опытах на дерново-подзолистых почвах действие и взаимодействие отдельных микроэлементов, установить агрономически и экономически наиболее эффективные дозы и сроки внесения новых жидких комплексных микроудобрений под основные сельскохозяйственные культуры. Разработана система применения микроудобрений с учетом почвенно-агрохимических условий, биологических особенностей культур, видов и форм микроудобрений. Для озимых и яровых зерновых культур важнейшими из микроэлементов являются медь и марганец, для рапса и сахарной свеклы – бор и марганец, для кукурузы – цинк, для льна – цинк и бор. Следует отметить, что микроэлементы проявляют положительное влияние на продуктивность, рост и развитие растений, обмен веществ только при внесении их в строго определенных, научно обоснованных до-

зах в наиболее оптимальные сроки (таблица 1).

Исследования, проведенные в полевых опытах на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с низкой обеспеченностью медью, показали, что на фоне минеральных удобрений наиболее эффективным является применение в двукратную некорневую подкормку озимой пшеницы и ячменя жидкого микроудобрения МикроСтим-Медь в дозе 0,1 кг/га д. в., обеспечивающего повышение урожайности на 7,5 и 4,0 ц/га зерна при рентабельности 238 % и 121 % соответственно (таблица 2).

При возделывании озимого рапса на дерново-подзолистой супесчаной почве с низкой обеспеченностью бором внесение в двукратную некорневую подкормку жидкого микроудобрения МикроСтим-Бор в дозе 0,3 кг/га д. в. на фоне минеральных удобрений повышало урожай семян на 3,7 ц/га при рентабельности 234 %.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве внесение на фоне навоза и минеральных удобрений в двукратную некорневую подкормку сахарной свеклы жидкого микроудобрения

МикроСтим-Бор в дозе 0,6 кг/га д. в. увеличивало урожайность на 55,0 ц/га при рентабельности 107 %. Применение микроудобрения улучшало также технологические свойства корнеплодов сахарной свеклы главным образом за счет повышения сахаристости и снижения содержания альфа-аминокислот азота с 3,00 до 2,26 моль/100 г корнеплодов.

На дерново-подзолистой супесчаной почве применение на фоне навоза и минеральных удобрений в некорневую подкормку кукурузы микроудобрения МикроСтим-Цинк в дозе 0,15 кг/га д. в. обеспечивало повышение урожайности на 6,0 ц/га зерна при рентабельности 241 %. Отмечается повышение содержания цинка в зеленой массе кукурузы.

В практике растениеводства Беларуси применение микроудобрений в интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур является важным агротехническим приемом и позволит хозяйствам республики повышать урожайность и качество растениеводческой продукции при высокой окупаемости затрат на их использование.

#### Контактная информация

Рак Михаил Васильевич 8 017 212 08 41

# МИНИМИЗАЦИЯ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННУЮ ПРОДУКЦИЮ на землях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС

И. М. Богдевич, Ю. В. Путятин, доктора с.-х. наук  
Институт почвоведения и агрохимии

## Введение

Радиоактивному загрязнению  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью свыше 37 кБк/м<sup>2</sup> подверглось 23 % территории Беларуси площадью 46,65 тыс. км<sup>2</sup>, на которой было расположено 3668 населённых пунктов и проживало 2,2 млн человек. Значительная часть территории страны, 10 %, была одновременно загрязнена  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью свыше 5,55 кБк/м<sup>2</sup> и 2 % территории – радионуклидами трансурановой группы ( $^{239}, ^{240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ) с плотностью свыше 3,7 кБк/м<sup>2</sup>.

Авария на Чернобыльской АЭС имела весьма тяжёлые последствия для сельского хозяйства Беларуси. Большая площадь интенсивно используемых земель – 1,8 млн га – была загрязнена долгоживущими радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , которые интенсивно мигрируют по сельскохозяйственным и пищевым цепочкам. Из этой площади были выведены 265,4 тыс. га земель с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  свыше 1480 кБк/м<sup>2</sup> (40 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – свыше 111 кБк/м<sup>2</sup> (3 Ки/км<sup>2</sup>), плутонием – свыше 3,7 кБк/м<sup>2</sup> (0,1 Ки/км<sup>2</sup>) в связи с превышением предельных дозовых нагрузок на население и трудностью получения сельскохозяйственной продукции с допустимым уровнем загрязнения радионуклидами. Затем, в процессе реабилитации загрязнённых территорий небольшая часть этих земель, 16,7 тыс. га, с невысокой плотностью загрязнения радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  была возвращена в хозяйственное использование.

Широкомасштабный комплекс защитных мер и особое внимание руководства страны к нуждам населения позволили успешно решить первоочередные задачи здравоохранения и производства нормативно чистых продуктов питания. В результате защитных мер, а также природных процессов распада, сорбции и миграции

радионуклидов, переход  $^{137}\text{Cs}$  по пищевым цепям снизился более чем на порядок, а  $^{90}\text{Sr}$  – свыше 4 раз. Уже ряд лет основные продукты питания местного производства (зерно, картофель, овощи, молоко, мясо) характеризуются содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в 2–5 раз ниже допустимого уровня согласно действующим санитарно-гигиеническим нормативам РДУ-99. Однако последствия Чернобыльской катастрофы носят долговременный характер и не могут быть преодолены полностью в относительно небольшой послеаварийный период.

Проблему получения качественной и самокупаемой сельскохозяйственной продукции на радиоактивно загрязнённых землях нельзя считать решённой. По мнению академика Р. М. Алексахина, радиоактивное загрязнение почв может рассматриваться и как самостоятельный тип деградации, ведущей к снижению их плодородия. Проблемные вопросы сконцентрировались в сельских подворьях и тех сельскохозяйственных организациях, где преобладают малопродуктивные, зачастую переувлажнённые, песчаные и торфяные почвы, характеризующиеся высокими коэффициентами перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукцию. Улучшение радиационной обстановки на фоне нарастающей стоимости материально-энергетических ресурсов требует корректировки структуры и характера почвоулучшающих защитных мер. Актуальным является повышение эффективности мелиорантов, органических и минеральных удобрений, направленных как на уменьшение перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в растениеводческую продукцию, так и на повышение плодородия почв.

Целью настоящей работы является критический анализ эффективности агрохимических защитных мер, применяемых на основе ряда научных разработок, выполненных в Институте почвоведения и агрохимии, в сопоставлении с результатами агро-



И. М. Богдевич,  
главный научный сотрудник  
лаборатории мониторинга  
плодородия почв и экологии

химического и радиологического обследования почв за послеаварийный период.

## Изменение радиационной обстановки

За послеаварийный период радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях значительно улучшилась. Произошёл распад короткоживущих радионуклидов. Концентрация долгоживущих радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почве уменьшилась более чем наполовину только из-за естественного распада. Наблюдается постепенное уменьшение площади используемых загрязнённых земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения –  $^{137}\text{Cs}$  более 37 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  более 5,5 кБк/м<sup>2</sup> – вследствие перехода части земель в категорию незагрязнённых (рисунок 1).

Всего в категорию незагрязнённых перешла 561 тыс. га земель ра-

нее загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$ , а площадь загрязнённых  $^{90}\text{Sr}$  земель уменьшилась более чем вдвое, до 301 тыс. га. Сельскохозяйственное производство по состоянию на 1.01.2018 г. ведётся на 877,2 тыс. га земель, загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью 37–1480 кБк/м<sup>2</sup> (таблица 1).

Основные массивы сельскохозяйственных земель, загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$ , сосредоточены в Гомельской (43,0 % общей площади) и Могилёвской (22,9 %) областях. В Брестской, Гродненской и Минской областях доля загрязнённых земель невелика и составляет соответственно 3,8 %, 1,7 и 2,8 %.

Загрязнение территории  $^{90}\text{Sr}$  имеет более локальный характер. Максимальные уровни содержания  $^{90}\text{Sr}$  в почве выявлены в границах 30-километровой зоны ЧАЭС, которые достигали величины 1798 кБк/м<sup>2</sup> в Хойникском районе Гомельской области. Земли, загрязнённые  $^{90}\text{Sr}$ , находятся в пределах зон, загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$ , что весьма затрудняет сельскохозяйственное производство. В таблице 2 приведено нынешнее распределение

площади сельскохозяйственных земель, загрязнённых  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью более 5,6 кБк/м<sup>2</sup> (более 0,15 Ки/км<sup>2</sup>), по областям Беларуси.

Из общей площади земель, загрязнённых  $^{90}\text{Sr}$  (301,1 тыс. га), 288,9 тыс. га сельскохозяйственных земель, включая 181,2 тыс. га пашни и 107,6 тыс. га сенокосов и пастбищ,

сосредоточены в Гомельской области. Здесь доля загрязнённых пахотных и луговых почв составляет 24,1 % от общей площади используемых сельскохозяйственных земель. В Могилёвской области доля загрязнённых  $^{90}\text{Sr}$  пахотных и луговых почв незначительна – соответственно 0,8 и 1,6 %.

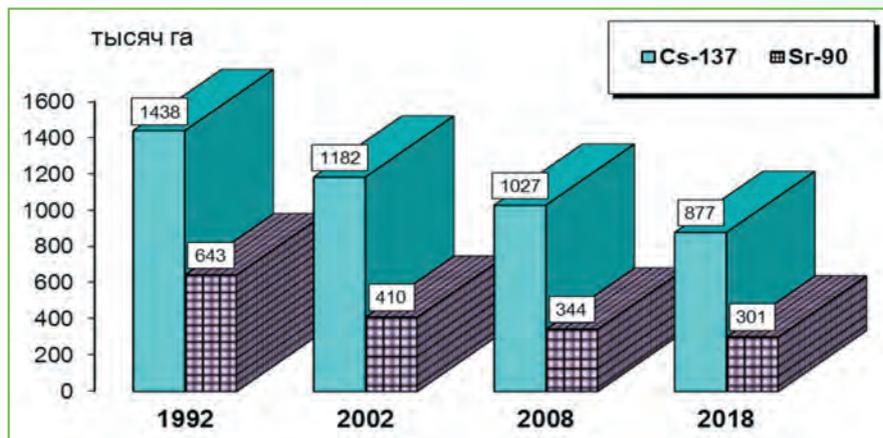


Рисунок 1 – Динамика площади используемых загрязнённых сельскохозяйственных земель Беларуси за период 1992–2018 гг. ( $^{137}\text{Cs}$  с плотностью > 37 кБк/м<sup>2</sup> и  $^{90}\text{Sr}$  > 5,5 кБк/м<sup>2</sup>)

Таблица 1 – Плотность загрязнения сельскохозяйственных земель  $^{137}\text{Cs}$  по областям Беларуси (по данным Минсельхозпрода Республики Беларусь на 1.01.2018 г.)

| Область                               | Площадь, тыс. га | Всего загрязнено > 37 кБк/м <sup>2</sup> (> 1,0 Ки/км <sup>2</sup> ) |             | В % по зонам загрязнения, кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> ) |                    |                      |
|---------------------------------------|------------------|--|-------------|--|--------------------|----------------------|
|                                       |                  | тыс. га  | %           | 37–184 (1,0–4,9)   | 185–554 (5,0–14,9) | 555–1476 (15,0–39,9) |
| <b>Сельскохозяйственные земли</b>     |                  |  |             |  |                    |                      |
| Брестская                             | 1191,7           | 45,7   | 3,8         | 97,1   | 2,9                | –                    |
| Витебская                             | 1267,7           | 0,2  | 0,0         | 100,0  | –                  | –                    |
| Гомельская                            | 1200,8           | 516,7  | 43,0        | 74,5   | 22,5               | 3,0                  |
| Гродненская                           | 1078,1           | 18,3   | 1,7         | 98,1   | 1,9                | –                    |
| Минская                               | 1597,1           | 44,7   | 2,8         | 99,5   | 0,5                | –                    |
| Могилёвская                           | 1097,6           | 251,6  | 22,9        | 81,0   | 17,2               | 1,8                  |
| <b>Беларусь</b>                       | <b>7433,0</b>    | <b>877,2</b>   | <b>11,8</b> | <b>79,3</b>  | <b>18,4</b>        | <b>2,3</b>           |
| <b>Пашня + многолетние насаждения</b> |                  |  |             |  |                    |                      |
| Брестская                             | 711,4            | 21,2   | 3,0         | 99,4   | 0,6                | –                    |
| Витебская                             | 801,4            | 0,2  | 0,0         | 100,0  | –                  | –                    |
| Гомельская                            | 829,7            | 342,1  | 41,2        | 74,4   | 22,6               | 3,0                  |
| Гродненская                           | 738,6            | 8,2  | 1,1         | 99,3   | 0,7                | –                    |
| Минская                               | 1186,5           | 29,1   | 2,5         | 99,4   | 0,6                | –                    |
| Могилёвская                           | 764,1            | 163,9  | 21,4        | 82,6   | 16,2               | 1,2                  |
| <b>Беларусь</b>                       | <b>5031,7</b>    | <b>564,7</b>   | <b>11,2</b> | <b>78,7</b>  | <b>19,0</b>        | <b>2,3</b>           |
| <b>Сенокосы и пастбища</b>            |                  |  |             |  |                    |                      |
| Брестская                             | 480,3            | 24,4   | 5,1         | 95,0   | 5,0                | –                    |
| Витебская                             | 466,3            | 0,0  | 0,0         | –  | –                  | –                    |
| Гомельская                            | 371,1            | 174,6  | 47,0        | 74,7   | 22,2               | 3,1                  |
| Гродненская                           | 339,5            | 10,2   | 3,0         | 97,2   | 2,8                | –                    |
| Минская                               | 410,6            | 15,6   | 3,8         | 99,7   | 0,3                | –                    |
| Могилёвская                           | 333,5            | 87,7   | 26,3        | 78,2   | 18,9               | 2,9                  |
| <b>Беларусь</b>                       | <b>2401,3</b>    | <b>312,5</b>   | <b>13,0</b> | <b>79,3</b>  | <b>18,2</b>        | <b>2,5</b>           |

**Таблица 2 – Плотность загрязнения сельскохозяйственных земель  $^{90}\text{Sr}$  по областям Беларуси (по данным Минсельхозпрода Республики Беларусь на 1.01.2018 г.)**

| Область                               | Площадь, тыс. га | Загрязнено $> 5,6 \text{ кБк/м}^2 (> 0,15 \text{ Ки/км}^2)$ |            | В % по зонам загрязнения, $\text{кБк/м}^2 (\text{Ки/км}^2)$ |                       |                        |
|---------------------------------------|------------------|---|------------|---|-----------------------|------------------------|
|                                       |                  | тыс. га   | %          | 5,6–11,0 (0,15–0,30)  | 11,1–37,0 (0,31–1,00) | 37,1–107,0 (1,01–2,99) |
| <b>Сельскохозяйственные земли</b>     |                  |   |            |   |                       |                        |
| Брестская                             | 1191,7           | 0,5   | 0,0        | 100,0   | –                     | –                      |
| Гомельская                            | 1200,8           | 288,9   | 24,1       | 58,4  | 36,9                  | 4,7                    |
| Могилёвская                           | 1097,6           | 11,7  | 1,1        | 99,6  | 0,4                   | –                      |
| <b>Беларусь</b>                       | <b>7433,0</b>    | <b>301,1</b>  | <b>4,1</b> | <b>60,0</b>   | <b>35,5</b>           | <b>4,5</b>             |
| <b>Пашня + многолетние насаждения</b> |                  |   |            |   |                       |                        |
| Брестская                             | 711,4            | 0,4   | 0,1        | 100,0   | –                     | –                      |
| Гомельская                            | 829,7            | 181,2   | 21,8       | 62,0  | 33,7                  | 4,3                    |
| Могилёвская                           | 764,1            | 6,3   | 0,8        | 100,0   | –                     | –                      |
| <b>Беларусь</b>                       | <b>5031,7</b>    | <b>187,9</b>  | <b>3,8</b> | <b>63,4</b>   | <b>32,5</b>           | <b>4,1</b>             |
| <b>Сенокосы и пастбища</b>            |                  |   |            |   |                       |                        |
| Брестская                             | 480,3            | 0,2   | 0,0        | 100,0   | –                     | –                      |
| Гомельская                            | 371,1            | 107,6   | 29,0       | 52,2  | 42,3                  | 5,5                    |
| Могилёвская                           | 333,5            | 5,4   | 1,6        | 99,1  | 0,9                   | –                      |
| <b>Беларусь</b>                       | <b>2401,3</b>    | <b>113,2</b>  | <b>4,7</b> | <b>54,6</b>   | <b>40,2</b>           | <b>5,2</b>             |

### Миграция радионуклидов и доступность их растениям

В настоящее время преобладающая часть радионуклидов, выпавших на почву, находится в её верхних слоях. Миграция  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  вглубь происходит очень медленно. Средняя скорость такой миграции составляет 0,3–0,5 см/год, поэтому угрозы водоносным горизонтам практически нет.

Необрабатываемые почвы залежных земель сильно различаются по темпам самоочищения верхнего 0–5 см слоя. В автоморфной дерново-подзолистой песчаной почве верхний пятисантиметровый слой содержит ещё 56,3 % от общего запаса  $^{137}\text{Cs}$ , в то время как в дерново-глеевой суглинистой почве в слое 0–5 см осталось 26,7 %, а в осушённой торфяной почве – только 18,3 % от общего количества этого радионуклида. Установлено, что вертикальная миграция  $^{137}\text{Cs}$  усиливается по мере повышения степени гидроморфизма и утяжеления гранулометрического состава почв. Наибольшая интенсивность миграции  $^{137}\text{Cs}$  характерна для осушенной торфяной почвы. Однако различия в миграции  $^{137}\text{Cs}$  пока ещё не могут сильно влиять на его доступность растениям, поскольку глубже 20 см мигрировало соответственно 4,2 – 4,0 – 23,3 % от общего запаса радионуклида. Скорость миграции  $^{90}\text{Sr}$  заметно выше, чем  $^{137}\text{Cs}$ .

В обрабатываемых дерново-подзолистых супесчаных почвах около 90 % валового запаса  $^{137}\text{Cs}$  и 75 %

$^{90}\text{Sr}$  находится в пахотном горизонте 0–25 см. Наибольший переход радионуклидов из почвы в растительность отмечается на песчаных и торфяных почвах в естественных условиях, наименьший – на окультуренных землях. В целом, спустя 32 года после аварии на Чернобыльской АЭС, основные количества радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  расположены в корнеобитаемом слое и интенсивно включаются в биологический круговорот.

Горизонтальная миграция происходит с ветром, при пожарах, поверхностным стоком, паводковыми и дождевыми потоками. Определённую роль в горизонтальном перемещении радионуклидов играет хозяйственная деятельность человека. Все эти факторы приводят к небольшому локальному очищению одних участков почвы и загрязнению других. Миграция вследствие водной эрозии – с дождевым и талым стоком – для некоторых элементов рельефа может сопровождаться изменением содержания радионуклидов в пахотном горизонте почв. Особенно это сказывается на посевах в нижних частях склонов. По данным исследований А. Ф. Черныша и Н. Н. Цыбульки, в зернотравяных севооборотах плотность загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  в зоне аккумуляции может увеличиваться до 20–25 %, под пропашными культурами – до 75 % от исходного. В качестве защитной меры рекомендовано использование системы почвозащитных севооборотов и специальной обработки почв с периодическим глубоким (до 40 см) безответальным рыхлением плужной

подшвы. Это позволяет уменьшить вторичное загрязнение земель и потери гумуса.

На поступление радионуклидов в растения существенно влияют формы их соединений в почве. Различают четыре такие формы: водорастворимая, обменная (растворимая в лабораторных условиях ацетатом аммония), подвижная (растворимая слабым раствором соляной кислоты), неподвижная (связанная или фиксированная). Если радионуклиды находятся в одной из первых трёх указанных форм, то возможен их переход в растения.

Относительное количество радионуклидов в доступных для растений формах изменяется с течением времени, оно во многом определяется типом почвы и различно для цезия и стронция. Установлено, что в первые годы после аварии происходило снижение доли доступных форм  $^{137}\text{Cs}$  в различных почвах, а спустя 10 лет наступила некоторая стабилизация. В настоящее время наибольшая доля  $^{137}\text{Cs}$  содержится в фиксированном состоянии, что определяется как сумма радионуклида, извлекаемого вытяжкой 6М HCl, и нерастворимого остатка.

Доля фиксированного  $^{137}\text{Cs}$  в слое 5–15 см суглинистой почвы достигает 96,0 %, в песчаных почвах уменьшается до 80,0–87,7 %, а в торфяных почвах – до 66,0–70,8 %. Доля фиксированной части  $^{137}\text{Cs}$  уменьшается на 10–20 % в нижележащих 20–30 см слоях почвы. Наименьшая доля  $^{137}\text{Cs}$  содержится в водорастворимой фор-

ме – 0,2–2,1 % от общего количества радионуклида, определяемого в верхних слоях, в пределах 0–15 см. На глубине 20–30 см доля водорастворимой части  $^{137}\text{Cs}$  повышается до 3,9–6,9 %. Исключением является неосушенная торфяная почва, где содержание водорастворимой формы  $^{137}\text{Cs}$  убывает с глубиной. Легкодоступной для растений является и обменная форма  $^{137}\text{Cs}$ , доля которой также невелика, повышается с глубиной и находится в пределах 1,0–11,2 % от общего запаса радионуклида. Подвижная форма  $^{137}\text{Cs}$ , извлекаемая 1М раствором HCl, также может быть частично доступной растениям. Её доля находится в пределах 2,7–39,0 % от общего содержания  $^{137}\text{Cs}$  в профиле почв. Доля всех форм  $^{137}\text{Cs}$ , доступных растениям, повышается с глубиной, что указывает на преимущественную миграцию растворимой части радионуклида.

В почвах  $^{90}\text{Sr}$  преимущественно находится в обменной форме, 60,1–83,7 % от валового содержания. Доля суммы подвижных форм содержания  $^{90}\text{Sr}$  достигает 93,6–99,0 %, притом в водорастворимой форме содержится от 1,9 до 9,4 % от общего содержания радионуклида. Минимальная доля  $^{90}\text{Sr}$  в почвах находится в фиксированной форме, 1,0–6,4 % от валового содержания. Это свидетельствует о высокой мобильности в почве и соответственно повышенной доступности  $^{90}\text{Sr}$  для произрастающей растительности.

Указанные особенности характерны и для коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в растения, которые используются для прогноза загрязнения сельскохозяйственной продукции. Например, снижение подвижности  $^{137}\text{Cs}$  вследствие перехода в необменнопоглощённое состояние привело к снижению его доступности для растений до 20 раз.

Коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию растений зависят как от плотности загрязнения, так и от типа почв, степени их увлажнения, гранулометрического состава, агрохимических свойств и нуждаются в периодическом уточнении. Показатели почвенного плодородия оказывают существенное влияние на накопление радионуклидов всеми сельскохозяйственными культурами. Установлено, что переход радионуклидов в растения снижается до 2–4 раз по мере повышения содержания в почве подвижных форм калия и фосфора от низкого до оптимального уровня.

Поступление радионуклидов в культуры существенно зависит от гранулометрического состава почв. На песчаных почвах переход радионуклидов в растения примерно вдвое выше, чем на суглинках, особенно

при низкой обеспеченности почв обменным калием.

Значительное влияние на накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах оказывает режим увлажнения почв. На переувлажненных песчаных почвах, преобладающих в Полесье, высокая степень загрязнения травяных кормов наблюдается даже при относительно низких плотностях загрязнения почв радионуклидами. Особенно высокими переходами радионуклидов в растения характеризуются торфяные почвы. При одинаковой плотности загрязнения переход  $^{137}\text{Cs}$  в растения на торфяных почвах до 4–10 раз выше, чем на минеральных. Это осложняет получение растениеводческой и животноводческой продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней.

Переход радионуклидов из почвы в растительную продукцию зависит от биологических особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур. При одинаковой плотности загрязнения накопление  $^{37}\text{Cs}$  в зерне озимой ржи в 10 раз ниже, чем в семенах ярового рапса и в 24 раза ниже в сравнении с зерном люпина. Многократные различия по накоплению  $^{90}\text{Sr}$  наблюдаются между зерновыми злаковыми и зернобобовыми культурами. Сортные различия в накоплении радионуклидов также значительны, хотя и заметно меньше.

### Защитные меры

Проблема снижения дозовых нагрузок на население была наиболее острой в течение первых десяти лет после аварии и остается актуальной в настоящее время только в небольшом числе населённых пунктов с повышенной плотностью загрязнения территории долгоживущими радионуклидами и преобладанием торфяных, пойменных и заболоченных песчаных почв. Решалась она в первую очередь комплексом сельскохозяйственных защитных мер, поскольку в условиях Беларуси около 70 % коллективной дозы формировалось за счёт поступления радионуклидов в организм с продуктами питания. Основным критерием эффективности защитных мер является уменьшение поступления радионуклидов из почвы в пищевую цепочку и получение продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней.

После составления крупномасштабных карт загрязнения почв радионуклидами осуществлялся широкий спектр защитных мер. В проведении защитных мероприятий на загрязнённых радионуклидами землях Беларуси можно выделить три этапа:

1986–1991 гг., 1992–2000 гг. и с 2001 г. по настоящее время.

**На первом этапе** были проведены неотложные защитные меры для предотвращения детерминистских эффектов высоких доз облучения населения. В первые недели после аварии за счет короткоживущих изотопов практически на всей территории Беларуси регистрировалось значительное повышение мощности дозы гамма-излучения, которая в отдельных населённых пунктах достигала 500 мкЗв/час, или в несколько тысяч раз выше доаварийного радиационного фона. Негативное воздействие на здоровье населения в наибольшей степени оказали радионуклиды йода ( $^{131}\text{I}$  период полураспада 8,04 суток), выпадения которого продолжалось две недели на 80–90 % территории республики. Защитные меры, предусмотренные в изданных в СССР еще в 1973 г. (для служебного пользования) «Рекомендациях по ведению сельского и лесного хозяйства при радиоактивном загрязнении внешней среды», не были своевременно доведены до сведения сельских жителей и местных органов управления. Авария произошла в начале пастбищного сезона, когда животные в максимальной степени подверглись радиационному воздействию. Поэтому поступление  $^{131}\text{I}$  в пищевые цепи через молоко и зеленые овощи было значительным. В течение 1986 г. из белорусской зоны аварии эвакуировано 24,7 тыс. жителей из 107 наиболее пострадавших населённых пунктов. В дальнейшем, после 1991 г. организовано отселение из наиболее загрязнённых территорий в чистые районы республики. Всего отселено около 138 тыс. человек из 470 населённых пунктов. Одновременно с организованным переселением самостоятельно покинули территории радиоактивного загрязнения около 200 тыс. человек. Из пользования было выведено 265,4 тыс. га сельскохозяйственных земель. На используемых землях из севооборотов были исключены отдельные культуры (клевер, зернобобовые, гречиха), накапливающие наибольшее количество радионуклидов. Проведено мелиоративное известкование кислых почв (682 тыс. га), внесены повышенные дозы фосфорных и калийных удобрений. Всего за период 1986–1991 гг. на загрязнённые радионуклидами земли было внесено 1,2 млн т  $\text{K}_2\text{O}$  и 0,6 млн т  $\text{P}_2\text{O}_5$ , а также 58 млн т навоза и компостов. На большей части заболоченных участков проведены осушение и запашка дернины, а также залужение и перезалужение сенокосов и пастбищ. В целом эффективность защитных мер на первом этапе была невысокой

вследствие недостатка материальных ресурсов и специфических знаний у специалистов и руководителей местных органов управления.

Особенностью Чернобыльской аварии являлась динамичность радиационной обстановки, что потребовало принципиально нового подхода к организации системы радиационного контроля, разработке и внедрению защитных мероприятий. Перед наукой стал ряд важных задач, среди которых первостепенными были установление количественных параметров миграции радионуклидов в окружающей среде и почвах, особенности накопления радионуклидов в растениях, растениеводческой и животноводческой продукции, а также разработка эффективных защитных мер в агропромышленном комплексе. В этом плане следует отметить большую роль ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии, создавшего свои филиалы в Беларуси и Украине, впоследствии переросшие в самостоятельные институты, и оказавшего научно-методическую помощь в становлении радиоэкологического направления исследований многих научных учреждений аграрного профиля. В Беларуси была создана система научного обеспечения в виде целевых научно-технических программ в период реализации 4-х пятилетних Государственных программ преодоления последствий Чернобыльской катастрофы. В период с 1991 по 2003 г. научное обеспечение АПК и комплексные научно-технические программы по проблемам сельскохозяйственной радиологии координировал Институт почвоведения и агрохимии, а с 2004 г. по настоящее время – Институт радиологии. В результате были установлены теоретически значимые зависимости миграции и поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры от многообразия особенностей и свойств почв и других факторов. На

этой теоретической базе разработан целый ряд практически важных методик и рекомендаций, используемых и в настоящее время.

**Второй этап** детально-ориентированных защитных мер (1992–2000 гг.) проводился в связи с необходимостью дальнейшего снижения содержания радионуклидов в продуктах питания и последовательного ужесточения санитарно-гигиенических нормативов (РКУ-92, РДУ-1993, РДУ-97, РДУ-99). Зонирование сельскохозяйственных угодий только по плотности загрязнения почв радионуклидами стало уже недостаточным. Для разработки комплекса специальных защитных мероприятий был принят принцип индивидуального учёта основных свойств почв каждого поля. В этот период используются приёмы уменьшения загрязнения продукции растениеводства за счёт дифференцированного регулирования минерального питания, применения новых форм удобрений. В животноводстве предусматривалось технологическое разделение кормов в зависимости от степени их загрязнения радионуклидами, нормирование рационов с использованием цезийсвязывающих добавок, снижающих содержание радионуклидов в молоке.

**Третий период** защитных мер проводится с 2001 г. для обеспечения устойчивого самокупаемого производства продуктов питания и сельскохозяйственного сырья для перерабатывающей промышленности, без которых не могут быть обеспечены социально-экономические условия реабилитации загрязнённых территорий. Важной целевой функцией этого периода является повышение качества производимых продуктов питания до экспортного уровня, при гарантии не превышения допустимого уровня содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Почвозулучшающие приёмы в данный период направлены на достижение и

поддержание оптимальных агрохимических свойств загрязнённых почв, при которых возможна наибольшая продуктивность севооборотов и гарантированное производство нормативно-чистой сельскохозяйственной продукции.

### Оптимизация кислотности почв и состава поглощающего комплекса

Хотя внесение извести в качестве защитной меры было известно до Чернобыльской аварии, система известкования в Беларуси была существенно усовершенствована. Вначале, в 1986–1990 гг., на загрязнённых радионуклидами землях рекомендовались средние мелиоративные дозы извести, превышающие в 1,5–2,0 раза дозы для незагрязнённых земель. Затем были разработаны и введены в практику дифференцированные дозы извести в зависимости от типа почв, исходного уровня кислотности почв и плотности загрязнения радионуклидами. Эти дозы обеспечивают достижение оптимального диапазона реакции почв, содержания обменных форм Ca и Mg на каждом поле для наибольшей продуктивности севооборота и снижения накопления радионуклидов в продукции до 1,5–3,0 раз.

Теперь поддерживающее известкование проводится по мере подкисления почв. Реализация такой саморегулирующей системы известкования позволила в итоге на порядок сократить расход извести и в семь раз уменьшить площади известкования по сравнению с 1987 г. Стабилизация объёмов известкования на уровне около 30 тыс. га в год является одним из показателей эффективности проведенной работы. За послеаварийный период наблюдается существенное улучшение реакции почв (рисунок 2). Доля пахотных почв с оптимальным диапазоном реакции (pH KCl) заметно увеличилась и достигает 80–88 % от общей площади. В последние четыре года в большинстве областей и районов Беларуси наблюдается подкисление пахотных почв вследствие недостаточного финансирования работ по известкованию кислых почв.

Известкование кислых почв, загрязнённых радионуклидами, финансируется по потребности в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г.

### Калийные и фосфорные удобрения

Важным агрохимическим приёмом, ограничивающим поступление

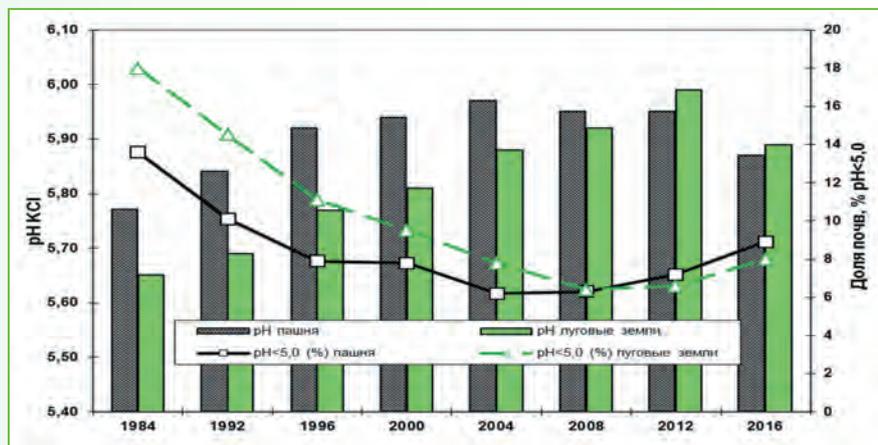


Рисунок 2 – Динамика средневзвешенных показателей реакции (pH KCl) и доли кислых почв (pH < 5,0) пашни и луговых земель в районах (21) Беларуси, наиболее загрязнённых радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$

цезия-137 в растения, по данным многих исследователей, является применение повышенных доз калийных удобрений. Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и значительной прибавкой урожайности сельскохозяйственных культур, особенно на бедных калием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах. Действие калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур зависит от многих факторов, первостепенными из которых являются тип почвы и содержание подвижных форм калия. В ряде полевых опытов, проведенных сотрудниками Института почвоведения и агрохимии на дерново-подзолистых супесчаных почвах Гомельской области, установлены важные закономерности действия калийных удобрений на переход  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукцию растений. Внесение калийных удобрений при сбалансированном азотном и фосфорном питании приводит к существенному уменьшению поступления из почвы в растения и этих радионуклидов. Минимум биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для накопления в зерне яровой пшеницы и ячменя, а также зеленой массы клевера находится в диапазоне содержания  $\text{K}_2\text{O}$  300–430 мг/кг дерново-подзолистой супесчаной почвы. Содержание  $\text{K}_2\text{O}$  в диапазоне 450–650 мг/кг почвы явно избыточно и сопровождается большими экономическими потерями и снижением качества продукции.

Внесение фосфорных и калийных удобрений проводится согласно матрице дифференцированных доз на полях и участках, загрязненных радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и одновременно характеризующихся недостаточным содержанием подвижных форм фосфора и калия в почве. Всего за послеаварийный период на

загрязненные земли внесено свыше 3,0 млн т  $\text{K}_2\text{O}$  и 1,1 млн т  $\text{P}_2\text{O}_5$ , что позволило снизить концентрацию радионуклидов в продукции, создать фундамент плодородия почв, гарантирующий производство нормативно-чистых продуктов питания на перспективу. На основных массивах загрязненных пахотных и луговых почв поддерживается содержание подвижных форм фосфора и калия на 10–20 % выше, чем на незагрязненных почвах (рисунок 3).

Приобретение калийных и фосфорных удобрений для радиоактивно загрязненных пахотных земель, улучшенных сенокосов и пастбищ проводится за счет средств госбюджета.

### Динамика обеспеченности почв гумусом

Диапазоны оптимального содержания гумуса для дерново-подзолистых суглинистых почв составляют 2,6–3,2 %, для супесчаных – 2,2–2,8, а для песчаных почв – 2,0–2,4 %. Содержание гумуса в пахотных почвах сильно различается по областям и районам республики в зависимости от преобладающих разновидностей почв. Заметные изменения баланса органических веществ в почвах и накопления его наиболее ценной части – гумуса – можно увидеть только за длительный период времени. Три десятилетия на пахотных почвах Беларуси поддерживался положительный баланс гумуса. Его достигали за счёт большого выхода навоза на торфяной подстилке и расширения доли многолетних трав до 24–30 % от общей посевной площади. В результате средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах республики было повышено с 1,77 % в 1965 г. до 2,28 % в 1996 г., или на 18 т гумуса в пахотном слое на 1 га. В период перехода к рыночной эко-

номике уменьшилось поголовье скота, изменилась структура посевов. В пахотных почвах процессы минерализации органических веществ стали преобладать над процессами синтеза и накопления гумуса. За период 1997–2016 гг. средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах республики снизилось на 0,03 %, до уровня 2,25 %. Вызывает озабоченность снижение содержания гумуса (на 0,03–0,37 %) в пахотных почвах наиболее загрязненных радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  районах Беларуси (21 район). Характерно, что темпы дегумификации загрязненных почв в 2–3 раза выше, чем в целом на пашне Беларуси (рисунок 4).

Обеспеченность почв гумусом является одним из параметров почвенного плодородия, определяющих накопление радионуклидов в растениях. Экспериментальные данные свидетельствуют, что с повышением содержания гумуса в почвах с 1,0 до 3,5 % накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческой продукции снижается в 1,5–3,5 раза. Диапазон содержания гумуса в дерново-подзолистых супесчаных почвах, в котором наблюдается минимальное накопление радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в зеленой массе кукурузы, отмечается в интервале 2,7–3,5 %, наиболее заметное снижение поступления – до 2,7 % (рисунок 5).

Наблюдаемое уменьшение содержания гумуса в пахотных почвах наиболее загрязненных районов обусловлено как изменением структуры посевов, так и уменьшением заготовки органических удобрений. Например, средневзвешенная доза органических удобрений, внесенных в 2002 г. на 1 га севооборотной площади, снизилась с 11,7 до 6,0 т по сравнению с 1993 г. При этом средневзвешенное содержание гумуса за период 1996–2016 гг. уменьшилось на 0,09 % или на 3,2 т/га

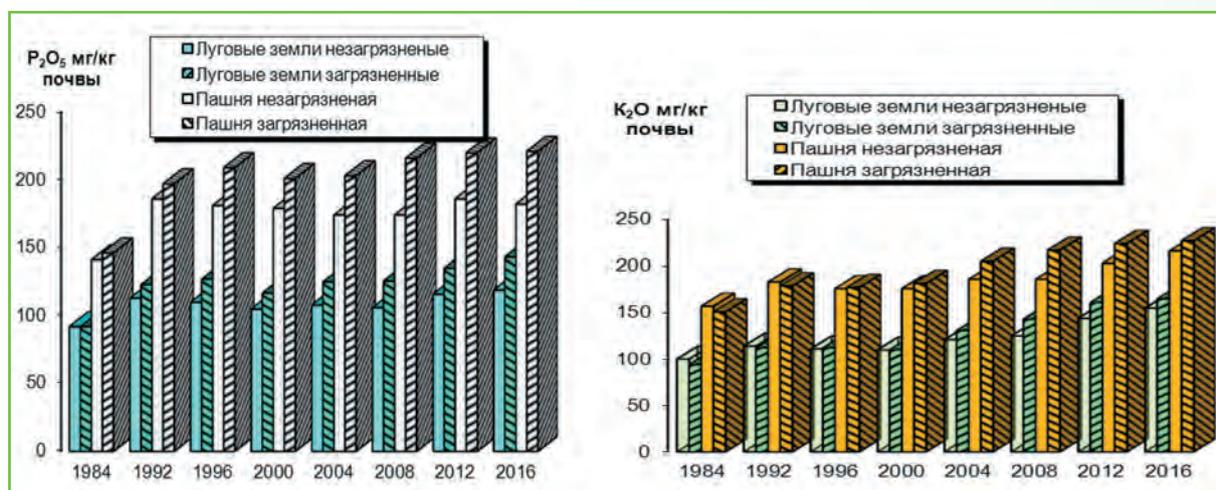


Рисунок 3 – Динамика подвижных форм фосфора и калия в почвах Беларуси за послеаварийный период

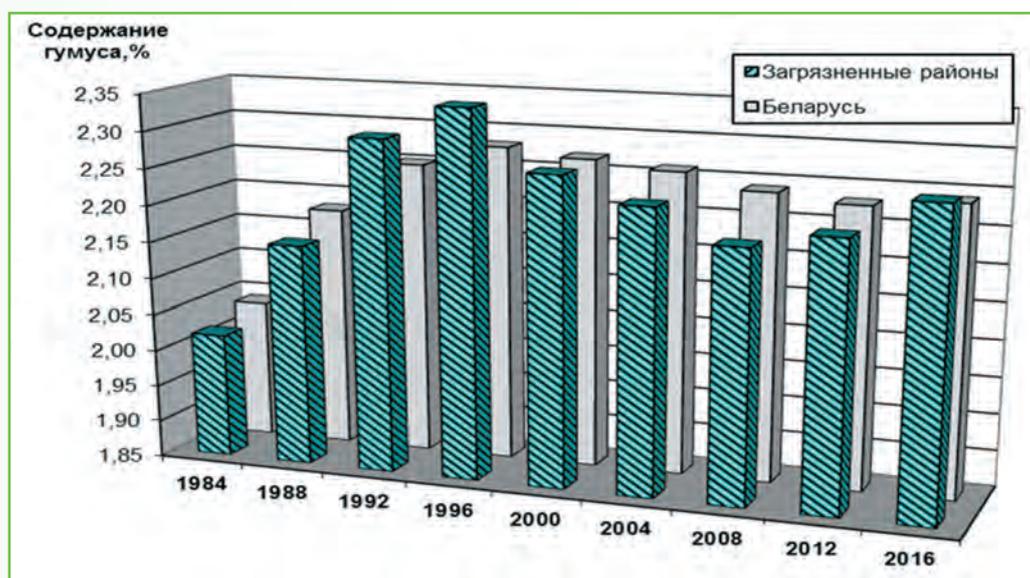


Рисунок 4 – Динамика содержания гумуса в пахотных почвах наиболее загрязнённых районов (21) в сопоставлении со средневзвешенными показателями по Беларуси

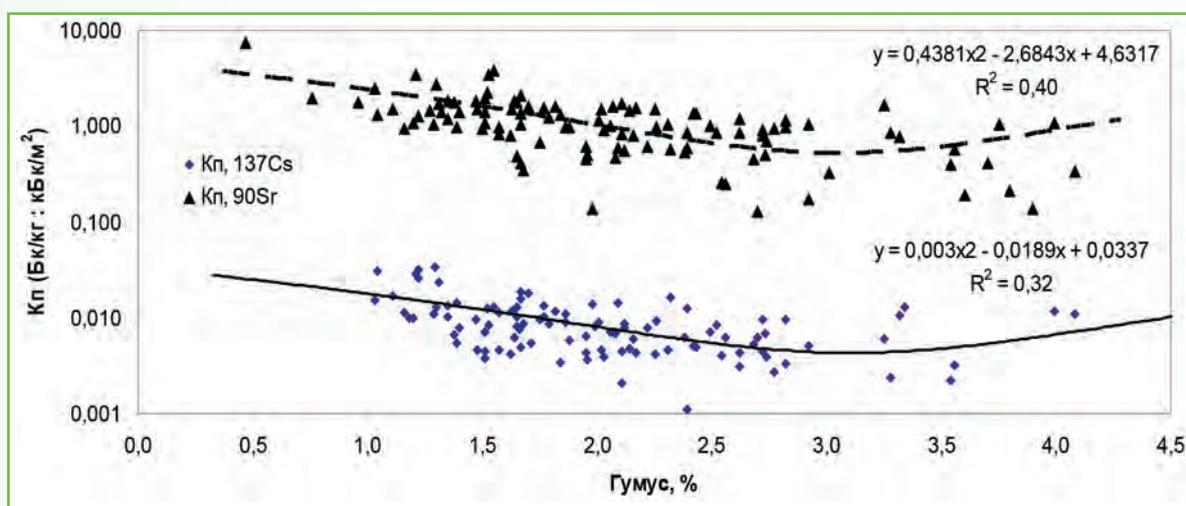


Рисунок 5 – Накопление радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  зеленой массой кукурузы в зависимости от содержания гумуса в дерново-подзолистой супесчаной почве

в пахотном слое. Сохранение такой тенденции в дальнейшем может привести к снижению плодородия почв, что недопустимо, особенно на радиоактивно загрязненных землях.

В последние годы уровень заготовки и внесения органических удобрений заметно повысился, но проблема бездефицитного баланса гумуса ещё далека от решения. За прошедшие две декады произошли изменения в структуре посевов. Расширились посевы пропашных культур, кукурузы и сахарной свёклы за счет сокращения площади многолетних трав, главного почвозащитного фактора современного земледелия. Если в 1996 г. в среднем по Беларуси на один га пропашных культур приходилось 2,8 га многолетних трав, то в 2012 г. это соотношение снизилось до 0,54. В период 2010–2012 гг. в Беларуси посевы кукурузы на зелёную массу,

где отщуждается с поля практически вся надземная часть растения, были расширены почти до 1 млн га (около 1/5 части пашни).

Поэтому ведущую роль в достижении бездефицитного баланса гумуса в почвах республики следует отнести совершенствованию структуры посевов. Это подтверждается анализом группировки всех районов республики по балансу гумуса в пахотных почвах за период с 1996 г. (таблица 3). В первых двух группах из 15 и 23 районов с более благоприятной динамикой структуры посевов (доля многолетних трав снижалась от 29,1–33,3 до 15,1–16,6 %) отмечен положительный баланс гумуса с приростом 0,05–0,21 %. По мере уменьшения доли многолетних трав в севооборотах нарастал отрицательный баланс гумуса. Наибольшая потеря гумуса (–0,21 %) произошла в группе

41 района, где в структуре посевов на 1 га пропашных культур в последний период приходилось 0,4 га многолетних трав. Среднегодовые дозы органических удобрений в меньшей степени различались по сравниваемым группам районов. Установлена тесная положительная корреляционная зависимость баланса гумуса от насыщения севооборотов многолетними травами и соотношения площадей многолетние травы : пропашные культуры.

Почвы сенокосов и пастбищ характеризуются сравнительно более высоким содержанием гумуса. Содержание гумуса в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ в целом по Беларуси стабилизировалось за последние годы на уровне  $2,70 \pm 0,03$  %. Систематическое обновление дернины (перезалужение) сенокосов и пастбищ в комплексе со сбалансиро-

рованным минеральным удобрением позволит поддерживать бездефицитный баланс гумуса и постепенно повышать плодородие луговых почв.

**Влияние минеральных и органических удобрений на накопление радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продукции сельскохозяйственных культур**

Благотворное влияние органических и минеральных (в особенности калийных) удобрений на снижение накопления радионуклидов в продукции сельскохозяйственных культур общеизвестно. Важно определить параметры этого влияния в настоящий период времени в зависимости от комплекса складывающихся условий. Наши полевые опыты, проведенные в 2004–2014 гг. на дерново-подзолистых супесчаных почвах в Хойникском районе, КСУП «Стреличево», показали, что сбалансированное применение минеральных и органических удобрений позволяет уменьшить в 1,5–2,5 раза переход

$^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в зерно и зеленые корма (таблица 4).

Последствие 8 и 16 т/га навоза на фоне без минеральных удобрений сопровождается снижением коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зерно соответственно на 3–25 % и на 22–62 %. На фоне минеральных удобрений действие органических удобрений менее заметно. Переход  $^{90}\text{Sr}$  в зерно снижался соответственно на 19–44 и 29–65 % на фоне последствие навоза 8 и 16 т/га. Внесение оптимальной дозы минеральных удобрений  $\text{N}_{30-90}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$  сопровождалось закономерным снижением перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зерно исследуемых культур на 23–71 %, а  $^{90}\text{Sr}$  – на 15–58 % как на безнавозном фоне, так и на фоне последствие навоза 8 и 16 т/га. Следует отметить, что накопление  $^{137}\text{Cs}$  в зерне колосовых культур было многократно ниже норматива РДУ-99 для производства сырья на продовольственные цели.

Внесение оптимальной дозы минеральных удобрений  $\text{N}_{60-90}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$  сопровождалось закономерным снижением перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую

массу кормовых культур на 30–50 % как на безнавозном фоне, так и на фоне действия и последствие навоза 8 и 16 т/га.

Коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую массу вико-овсяной смеси и кукурузы низкие, позволяющие использовать зеленый корм для производства цельного молока во всем диапазоне плотности загрязнения дерново-подзолистых супесчаных почв, где разрешено сельскохозяйственное производство. Переход  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую массу клевера заметно выше, и в контроле без удобрений здесь возможно превышение санитарно-гигиенических нормативов накопления радионуклида в животноводческой продукции.

Установленные параметры перехода  $^{90}\text{Sr}$  в зеленую массу особенно важны для клевера, который характеризуется наиболее высоким накоплением радионуклида в зеленом корме. В настоящее время возделывание клевера для дойного стада невозможно на почвах, загрязненных  $^{90}\text{Sr}$ . Возделывание вико-овсяных смесей на зеленый корм на безнавозном фоне

Таблица 3 – Динамика содержания гумуса в пахотных почвах за период 1996–2012 гг. по группам районов Беларуси в зависимости от структуры посевов и доз навоза

| Количество районов | Содержание гумуса, % |                     | Доля многолетних трав, % |               | Соотношение многолетние травы : пропашные |               | Навоз, т/га   |               |
|--------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|---------------|---|---------------|---------------|---------------|
|                    | 1996 г.              | 2012 г. ± к 1996 г. | 1993–1996 гг.            | 2009–2012 гг. | 1993–1996 гг.                             | 2009–2012 гг. | 1993–1996 гг. | 2009–2012 гг. |
| 15                 | 2,29                 | 0,21                | 33,3                     | 15,1          | 9,4                                       | 1,0           | 10,7          | 6,9           |
| 23                 | 2,15                 | 0,05                | 29,1                     | 16,6          | 5,1                                       | 0,9           | 11,1          | 8,8           |
| 39                 | 2,27                 | –0,05               | 24,8                     | 13,2          | 2,9                                       | 0,6           | 12,5          | 9,6           |
| 41                 | 2,44                 | –0,20               | 22,4                     | 12,4          | 2,1                                       | 0,4           | 12,7          | 10,6          |

Таблица 4 – Переход радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из дерново-подзолистой супесчаной почвы в продукцию кормовых культур в зависимости от доз навоза в севообороте и минеральных удобрений

| Культура                | Вариант                                    | $\text{Кп } ^{137}\text{Cs } 10^{-3} \text{ м}^2\text{кг}^{-1}$ |       |       | $\text{Кп } ^{90}\text{Sr } 10^{-3} \text{ м}^2\text{кг}^{-1}$ |       |       |
|-------------------------|--|---|-------|-------|--|-------|-------|
|                         |  | доза навоза, т/га   |       |       |  |       |       |
|                         |  | 0   | 8     | 16    | 0  | 8     | 16    |
| Яровая пшеница, зерно   | Контроль                                   | 0,027   | 0,022 | 0,021 | 2,519  | 1,422 | 0,888 |
|                         | $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ | 0,017   | 0,017 | 0,014 | 1,530  | 0,907 | 0,783 |
| Озимое тритикале, зерно | Контроль                                   | 0,026   | 0,022 | 0,020 | 1,560  | 1,220 | 0,840 |
|                         | $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ | 0,016   | 0,016 | 0,015 | 1,330  | 0,880 | 0,730 |
| Ячмень, зерно           | Контроль                                   | 0,052   | 0,039 | 0,020 | 2,431  | 1,463 | 1,005 |
|                         | $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ | 0,023   | 0,017 | 0,014 | 1,512  | 0,831 | 0,420 |
| Горох, зерно            | Контроль                                   | 0,123   | 0,119 | 0,095 | 1,862  | 1,516 | 1,338 |
|                         | $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ | 0,042   | 0,034 | 0,032 | 1,78   | 1,273 | 1,251 |
| Кукуруза, з. м.         | Контроль                                   | 0,075   | 0,055 | 0,047 | 2,290  | 1,740 | 1,520 |
|                         | $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ | 0,051   | 0,042 | 0,037 | 1,810  | 1,540 | 1,310 |
| Вико-овес, з. м.        | Контроль                                   | 0,047   | 0,031 | 0,030 | 2,76   | 2,13  | 2,10  |
|                         | $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ | 0,024   | 0,019 | 0,016 | 2,46   | 1,51  | 1,52  |
| Клевер, з. м.           | Контроль                                   | 0,136   | 0,127 | 0,107 | 24,7   | 22,4  | 18,8  |
|                         | $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ | 0,074   | 0,077 | 0,044 | 21,1   | 18,6  | 14,2  |

без минеральных удобрений ограничивается плотностью загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  менее 13 кБк/м<sup>2</sup>. На фоне последствий навоза 16 т/га при умеренной дозе азота N<sub>60</sub> диапазон возделывания вико-овсяных смесей для дойного стада расширяется вдвое – до 25 кБк/м<sup>2</sup>. Близкие параметры накопления  $^{90}\text{Sr}$  характерны и для зеленой массы кукурузы.

Если по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  продукция растениеводства в целом соответствует нормативам РДУ-99, то по содержанию  $^{90}\text{Sr}$  зерно и зеленая масса в значительной степени может превышать допустимые уровни на почвах с повышенной и высокой плотностью загрязнения. Это обусловлено тем, что в отличие от  $^{137}\text{Cs}$  основная доля  $^{90}\text{Sr}$  в почве находится в обменной форме, легкодоступной растениям.

Таким образом, результаты исследований показали, что на радиоактивно загрязнённых территориях сбалансированное внесение органических и минеральных удобрений позволяет до 2–3 раз снизить накопление радионуклидов в растениях и расширить посевные площади под сельскохозяйственными культурами для производства продукции на производственные цели.

**Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от доз органических и минеральных удобрений**

Эффективность возделывания исследованных культур определена для всех изучаемых вариантов доз удобрений, включая и контроль без

удобрений по методике Института почвоведения и агрохимии, 2010 г. (таблица 5). Стоимость всех затрат определена по технологической карте, включая неизменные затраты на обработку почвы, семена, посев и переменные затраты по вариантам опыта – на приобретение и внесение удобрений, уборку и заготовку кормов. Использованы цены 2017 г. в эквиваленте долл. США по среднегодовому курсу Национального банка Республики Беларусь.

Стоимость урожая зелёной массы исследуемых культур определена по выходу кормовых единиц с гектара с учётом средней цены реализации фуражного зерна. Стоимость 1 т к. ед. – 66 долл. Основными показателями экономической эффективности являются условно чистый доход с гектара посева и уровень рентабельности, которые определены в двух севооборотах, при сроке действия навоза соответственно 6 и 4 года.

Эффективность удобрений под отдельные культуры сильно различается. Затраты на удобрения под фуражный ячмень и вико-овсяные смеси на зелёный корм не окупаются прибавкой урожая, а удобрения под пшеницу, горох, клевер и кукурузу обеспечивают высокий экономический эффект. Более объективная оценка эффективности удобрений может быть получена в целом за севооборот.

Наибольшая урожайность культур достигалась при сбалансированном внесении минеральных и органических удобрений. При внесении минеральных удобрений без навоза среднегодовая продуктивность первого севооборота составила 7,0 т/га к. ед., а на фоне 6,7 и 13,3 т/га соответственно

7,7 и 8,6 т/га. В целом каждая тонна навоза обеспечивает за шестилетний срок действия прибавку урожая 90–120 к. ед. Совместное применение навоза и минеральных удобрений позволяет почти удвоить выход кормовых единиц с гектара с чистым доходом порядка 160–167 долл. При этом себестоимость 1 т кормовых единиц в лучшем варианте удобрений составила 54 долл., что заметно ниже фактического среднереспубликанского уровня 2016 г. – 78 долл. Заметно выше продуктивность кормового звена севооборота с двухгодичным использованием клевера. Здесь среднегодовой выход кормовых единиц с гектара в удобренных вариантах был на уровне 14,4–15,5 т/га с чистым доходом 355–362 долл./га севооборотной площади. Себестоимость 1 т кормовых единиц в лучшем варианте удобрений составила 42 долл., что на 46 % ниже среднереспубликанского уровня 2016 г. Достоинство севооборота с клевером заключается не только в экономической эффективности, но и в положительном балансе гумуса в почве, который обеспечивается при среднегодовой дозе внесения 8 т/га навоза. Таким образом, сбалансированное применение минеральных и органических удобрений с учетом биологических особенностей возделываемых культур позволяет обеспечить продуктивность на уровне 8,6–15,5 т/га к. ед. с рентабельностью производства 36–56 %.

**Заключение**

Контрмеры на ранней фазе Чернобыльской аварии (1986) были в целом правильными, но эффективность

Таблица 5 – Экономическая эффективность органических и минеральных удобрений в разных севооборотах (в ценах 2017 г.)

| Дозы удобрений/год   |   | Сбор к. ед. т/га-год | Прибавка к. ед. на 1 т навоза | Затраты, долл./га-год | Чистый доход, долл./га-год | Рентабельность, % | Себестоимость 1 т к. ед. |
|--|---|----------------------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------|--------------------------|
| Навоз, т/га  | НРК, кг/га  |                      |                               |                       |                            |                   |                          |
| <b>В/овес, 3. м. – яр. пшеница – в/овес, 3. м. – оз. тритикале – горох – оз. тритикале</b> |   |                      |                               |                       |                            |                   |                          |
| 0  | Контроль  | 4,1                  |                               | 206                   | 103                        | 50                | 50                       |
| 0  | N <sub>105</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> | 7,0                  |                               | 358                   | 161                        | 45                | 51                       |
| 6,7  | Контроль  | 4,7                  | 90                            | 252                   | 97                         | 38                | 54                       |
| 6,7  | N <sub>105</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> | 7,7                  | 104                           | 410                   | 160                        | 39                | 53                       |
| 13,3   | Контроль  | 5,5                  | 105                           | 307                   | 105                        | 34                | 55                       |
| 13,3   | N <sub>105</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> | 8,6                  | 120                           | 466                   | 167                        | 36                | 54                       |
| <b>Кукуруза, 3. м. – ячмень – клевер, 3. м. – клевер, 3. м.</b>                            |   |                      |                               |                       |                            |                   |                          |
| 0  | Контроль  | 8,8                  |                               | 312                   | 267                        | 86                | 35                       |
| 0  | N <sub>92</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>  | 13,5                 |                               | 510                   | 374                        | 73                | 38                       |
| 10   | Контроль  | 9,2                  | 40                            | 366                   | 236                        | 64                | 40                       |
| 10   | N <sub>92</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>  | 14,2                 | 70                            | 573                   | 355                        | 62                | 40                       |
| 20   | Контроль  | 9,7                  | 45                            | 423                   | 210                        | 50                | 44                       |
| 20   | N <sub>92</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>  | 15,5                 | 100                           | 653                   | 362                        | 56                | 42                       |

их была невысокой вследствие недостатка материально-технических ресурсов и дефицита знаний, недостаточной или несвоевременной информации сельских жителей. В дальнейшем, проведенные защитные меры в АПК после Чернобыльской аварии были высокоэффективными, предотвратили свыше 40 % коллективной внутренней дозы облучения населения и обеспечивают теперь производство продуктов питания с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в 2–5 раз ниже допустимого уровня согласно РДУ-99. Создан фундамент плодородия почв для гарантии производства нормативно-чистых продуктов питания на перспективу. На

80–90 % площади почв поддерживается оптимальный уровень реакции, содержание подвижных форм фосфора и калия на 10–20 % выше, чем на незагрязненных почвах. Нерешенные проблемы расширенного воспроизводства плодородия почв, в особенности обеспечение бездефицитного и положительного баланса гумуса, ещё остаются. Требуется существенная корректировка структуры посевной

площади и технологии возделывания продовольственных, технических и кормовых культур для повышения рентабельности производства. Последствия глобальной аварии имеют долговременный характер, и для небольшой, уменьшающейся части населенных пунктов Беларуси ограничения по радиационному фактору будут иметь место до конца нынешнего столетия.

#### Контактная информация

Богдевич Иосиф Михайлович 8 017 212 83 89

Путятин Юрий Викторович 8 017 212 09 20

УДК 631.8:633.1:631.445.2

## ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ – особенности, основные требования и экономические аспекты

Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева, кандидаты с.-х. наук,  
Ю. А. Белявская, младший научный сотрудник  
Институт почвоведения и агрохимии

Возникшие в современном обществе экологические проблемы, а также желание части населения потреблять чистые от пестицидов и нитратов продукты питания способствовали пересмотру подходов к ведению сельскохозяйственного производства. Это привело к внедрению в мировую практику хозяйствования методов органического земледелия. По определению Международной федерации движения за органическое сельское хозяйство (IFOAM), которая является одной из самых влиятельных организаций в сфере развития данного направления, органическое сельское хозяйство – это система производства, которая поддерживает состояние почв, экосистем и людей.

В основе органического земледелия лежат: возделывание многолетних бобовых и зернобобовых культур, запашка бобовых сидератов для обеспечения растений в азоте за счет азотфиксации клубеньковыми бактериями, внесение качественных органических удобрений, соблюдение севооборотов. Сельскохозяйственная продукция при этом должна производиться по возможности в замкнутой системе. Основными задачами, которые должна решать органическая система ведения сельского хозяйства, являются: сохранение природных свойств почвы, воды

и воздуха; производство пищевых продуктов с высокой степенью безопасности для здоровья человека; охрана окружающей среды; экономное расходование сырья.

#### Производство и рынок органической продукции в мире

По данным Научно-исследовательского института органического сельского хозяйства (FiBL-AMI) и

IFOAM, мировое производство органической продукции увеличивается с каждым годом. На конец 2015 г. органическим земледелием занимались 2,4 млн фермеров в 179 странах мира. Наибольшее количество производителей такой продукции находится в Индии, Эфиопии и Мексике, т. е. лидирующими регионами по количеству производителей органических продуктов являются Азия, Африка и Латинская Америка. Европа находится на 4 месте (рисунок 1).



Рисунок 1 – Распределение производителей органической продукции по континентам (источник: исследование FiBL-AMI, 2017 г.)

Под органическим производством занято 50,92 млн га, что составляет 1,1 % мировой площади сельскохозяйственных земель. По континентам площади распределены следующим образом (таблица 1).

Мировыми лидерами по площадям, занятым под органическое производство, являются Австралия – 22,69 млн га, 97 % из которых занимают пастбища, Аргентина – 3,07 млн га и США – 2,03 млн га (рисунок 2). Средний размер одного хозяйства в Австралии составляет 10046 га, в Аргентине – 3078 га, в США – 169 га. В целом на первую десятку стран с наибольшими площадями сельскохозяйственных земель, занятых под органическим производством, приходится 31,8 млн га, что составляет 73 % всех органических земель мира.

В Российской Федерации на конец 2015 г. под органическое производство было занято 385,1 тыс. га или 0,2 % от общей площади сельскохозяйственных земель; количество сертифицированных производителей органической продукции – 82. В Украине общая площадь органических сельскохозяйственных земель составляет 410,6 тыс. га при более 200 сертифицированных производителей органической продукции. В

Украине более быстрому росту количества организаций, официально ведущих органическое сельское хозяйство, способствовало создание в 2007 г. Национального сертификационного органа (ООО «Органик стандарт»), осуществляющего инспекцию и сертификацию органического производства, а также принятие в 2013 г. Закона «О производстве и обороте органической сельскохозяйственной продукции и сырья». На начальном этапе развития органического сектора экономики Украины на органические методы хозяйствования в основном переходили большие сельскохозяйственные организации. В настоящее время к данному процессу присоединяются фермерские хозяйства, а также малые и средние сельхозпредприятия.

Мировой рынок органических продуктов, по данным FiBL-AMI, на конец 2015 г. составил 75 млрд евро. Основной рынок сбыта данной продукции сосредоточен в развитых странах Северной Америки и Европы, на которые приходится 97 % мировых продаж. Ведущим органическим рынком являются США с объемом в 35,8 млрд евро, за ними следует Германия (8,6 млрд евро) и Франция (5,5 млрд евро) (рисунок 3).

Самый высокий уровень потребления органической продукции на душу населения характерен для Швейцарии, где средние расходы на органические продукты питания в расчете на одного жителя страны составляют 262 евро в год, в Дании – 191 евро и Швеции – 177 евро в год (рисунок 4).

Возделыванием зерновых, пропашных и овощных культур без применения минеральных удобрений и синтетических средств защиты растений, как правило, занимаются только в странах, достигших высокой степени экономического развития, высокого уровня плодородия почв, с гарантированным уровнем продовольственной безопасности. В структуре сельскохозяйственных угодий европейских стран 43 % занимает пашня, 41 % пастбища, 12 % многолетние насаждения. Страны Африки являются важными мировыми поставщиками органических тропических плодов, сахара, чая, какао, кофе, орехов.

**Особенности перехода от традиционного к органическому земледелию**

В результате отказа от использования таких факторов стабилизации и повышения урожайности, как мине-

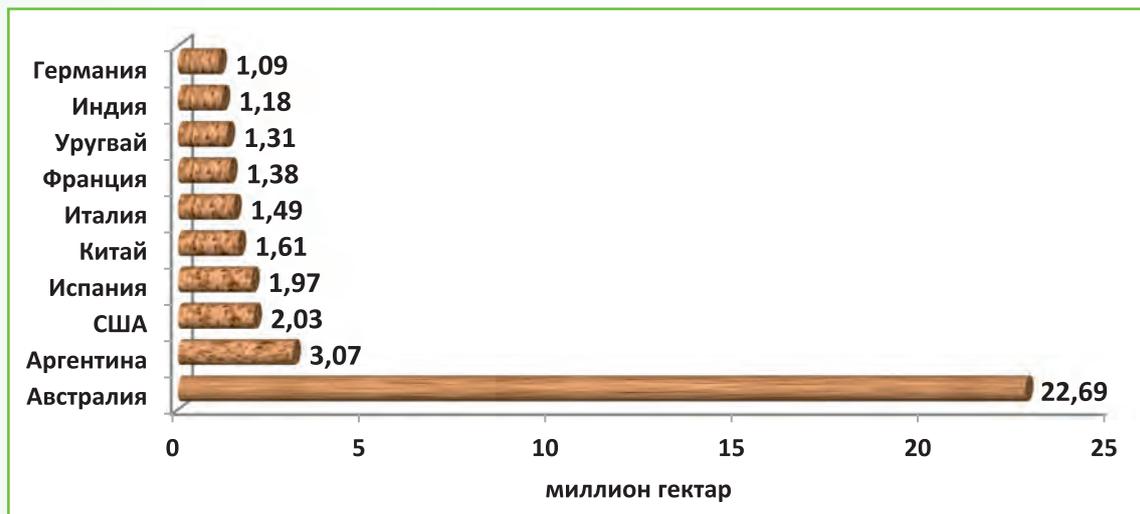


Рисунок 2 – Десять стран с наибольшими площадями, занятыми под органическим земледелием (источник: исследование FiBL-AMI, 2017 г.)

Таблица 1 – Распределение площадей сельскохозяйственных земель, занятых под органическим земледелием (источник: исследование FiBL-AMI, 2017 г.)

| Континент         | Площадь органических земель, млн га | % от общей площади органических земель | % от площади сельскохозяйственных земель |
|-------------------|-------------------------------------|--|--|
| Африка            | 1,683                               | 3                                      | 0,1                                      |
| Азия              | 3,965                               | 8                                      | 0,2                                      |
| Европа            | 12,718                              | 25                                     | 2,5                                      |
| Латинская Америка | 6,745                               | 13                                     | 0,9                                      |
| Северная Америка  | 2,974                               | 6                                      | 0,7                                      |
| Океания           | 22,839                              | 45                                     | 5,4                                      |
| Общая площадь     | 50,919                              | 100                                    | 1,1                                      |

ральные удобрения и синтетические средства защиты растений, урожайность сельскохозяйственных культур при ведении органического земледелия в большей степени зависит от почвенно-климатических условий и в среднем на 20–50 % ниже, чем в интенсивном земледелии. Поэтому в европейских странах фермерам, решившим заниматься органическим сельским хозяйством, государство оказывает финансовую помощь, особенно первые годы, однако в разных государствах формы финансовой поддержки существенно различаются.

В связи с тем, что не все культуры в органическом земледелии окупаются или трудно поддаются экстенсивному выращиванию, их доля в севооборотах меняется: значительно уве-

личивается доля бобовых трав и зернобобовых культур и соответственно снижается доля пропашных культур. Например, в Германии, если при традиционном земледелии луга и пастбища занимают 30 % сельхозугодий, то при альтернативном – 46 %, т. е. переход к органической форме хозяйствования в большей степени происходит в таких хозяйствах, где главным направлением их деятельности является кормопроизводство.

Основными факторами, побуждающими к переходу на органические методы хозяйствования, являются: возможность реализации продукции по более высоким ценам; повышение конкурентоспособности продукции за счет повышения качества; увеличение экспортного потенциала в связи

с возросшим спросом на органическую продукцию на внешних рынках; возможность рациональнее использовать рабочую силу и повысить прибыль предприятия за счет организации внутрихозяйственной переработки и прямого сбыта продукции; забота об окружающей среде и здоровье.

Главные трудности, встречающиеся при переходе на органическое земледелие: психологическая сложность перехода на новые методы хозяйствования после многолетней практики традиционного сельского хозяйства; за счёт того, что органический способ ведения хозяйства более сложен, чем традиционный, повышается вероятность совершения производителем ошибок, из-за которых может существенно снизиться урожайность, по-



Рисунок 3 – Страны с крупнейшими рынками органических продуктов питания по объёму розничных продаж 2015 г. (источник: исследование FiBL-AMI, 2017 г.)

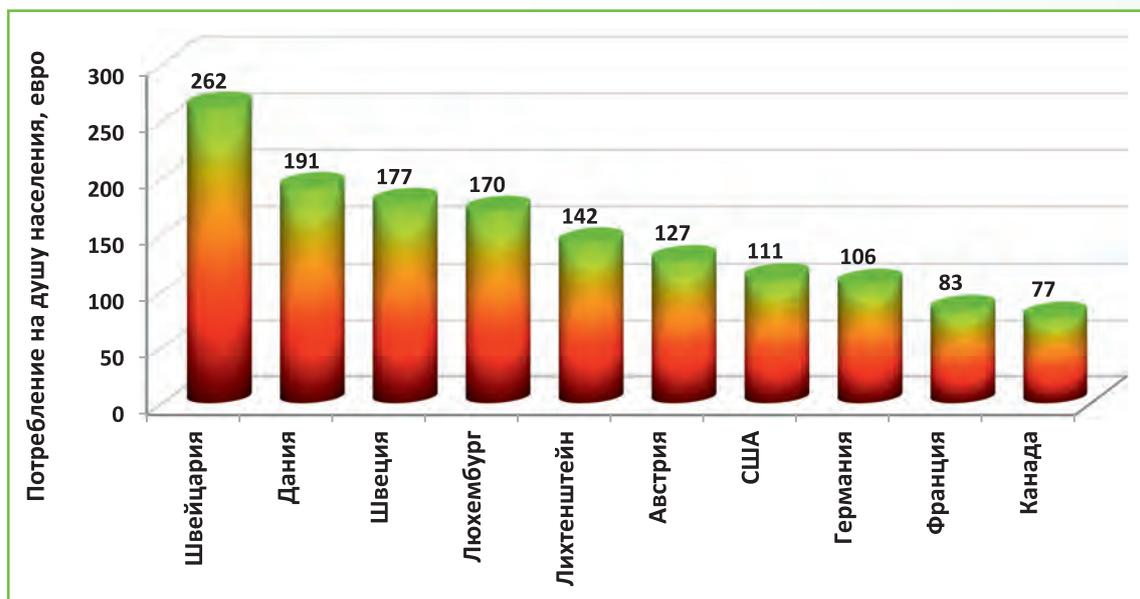


Рисунок 4 – Страны с наибольшим потреблением органических продуктов питания в расчете на одного жителя (источник: исследование FiBL-AMI, 2017 г.)

выситься заболеваемость, засоренность сорняками и поврежденность растений вредителями; низкий уровень информации и знаний о методах и подходах ведения органического хозяйствования; дополнительные ежегодные затраты на сертификацию.

Переход к органическому сельскому хозяйству обычно занимает 2–3 года для очистки почв от химикатов и требует инвестиций на модернизацию производства. Даже в тех хозяйствах, где никогда не использовались химические удобрения и прочие запрещенные в органическом хозяйстве технологии, необходимы время и деньги для создания производства, отвечающего требованиям органического сельского хозяйства. Должны быть построены соответствующие сооружения, закуплена техника и оборудование, а также создана необходимая база для хранения и использования органических удобрений, которые являются основой эффективного органического сельского хозяйства.

#### Основные требования при ведении органического сельского хозяйства для растениеводческой отрасли

При отведении полей под органическое земледелие необходимо учитывать расстояние до автомобильных дорог. Например, от автомобильных дорог с интенсивностью движения более 3000 автомобилей в сутки поля должны быть удалены на расстояние более 250 м.

В соседних полях пестициды могут применяться не ближе 25 м, а минеральные удобрения – более 10 м от поля органического земледелия.

Очень важным моментом в организации деятельности сельхозпредприятия, занимающегося органическим земледелием, является формирование севооборота. Многообразие культур является эффективным средством, позволяющим задействовать процессы саморегуляции. Благодаря закладке живых изгородей, межей и краевых полос создаются благоприятные условия для развития полезных пауков и насекомых. В органическом земледелии севообороты должны быть максимально насыщены бобовыми культурами и культурами, предназначенными в качестве зеленых удобрений. Формирование севооборота должно быть направлено на увеличение в почве органического вещества, активизацию почвенных микроорганизмов и оптимальное использование положительного влияния предшественника на последующую культуру.

Обеспечение азотом в органическом земледелии достигается за счет

выращивания бобовых культур и внесения органических удобрений. Другие питательные вещества растения получают частично за счет внесения органических удобрений, частично – за счет деятельности почвенных микроорганизмов. Потери питательных веществ минимизируются.

Хранение получаемых в хозяйстве органических удобрений должно осуществляться на специальных площадках, по возможности исключающее потери питательных веществ. Запрещается использование фекалий. Максимально допустимая доза органических удобрений ограничивается по содержанию в них азота, доза которого не должна превышать 110 кг/га д. в., большие дозы возможны только с разрешения сертифицирующего органа.

Запрещается использование всех видов синтетических минеральных удобрений. Допускается применение, с разрешения инспекционного ведомства, калийной соли, сульфата калия, мягкоземельного фосфорита, алюминиево-кальциевого фосфата и микроудобрений.

Для поддержания реакции почвенного раствора в оптимальном интервале в качестве мелиоранта допускается использование карбоната кальция и магнезита натурального происхождения (доломитовая мука, мел, мергель, известняки).

Возделываемые виды и сорта сельскохозяйственных культур должны быть адаптированы к почве и климатическим условиям и быть устойчивы к поражению болезнями и повреждению вредителями. Все семена и посадочный материал должны быть экологически сертифицированы (можно использовать только семена, полученные в экологическом земледелии). В переходный период разрешено использование семян, выращенных в традиционном земледелии, исключая протравливание перед посевом.

**В Республике Беларусь** органическое земледелие находится на начальном пути развития. При этом уже разработан и принят Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 21.12.2016 г. № 1061 Национальный план действий по развитию «зеленой» экономики до 2020 года. В данном документе дано определение таких терминов, как органическая продукция, производство органической продукции, экологическая сертификация продукции (экологическая маркировка продукции). По экспертным данным, в Беларуси функционируют 6 экспортеров органической продукции (экспорт березового сока, лекарственных трав, дикорастущих ягод), около 10 производителей (фермерские хозяйства, личные подсобные хозяй-

ства, учебно-опытное хозяйство и другие) осуществляют производство, продажу органической продукции (овощи, ягоды, козье молоко, йогурты, прудовая рыба и зерновые культуры). Вместе с тем отсутствует правовая основа для эффективного производства и реализации органической сельскохозяйственной продукции, Закон об органическом земледелии находится на стадии рассмотрения.

Для того чтобы оказывать профессиональную научно-практическую помощь субъектам хозяйствования, решившим перейти на органические методы ведения сельскохозяйственного производства, в Институте почвоведения и агрохимии заложены и проводятся полевые опыты по данной тематике. Технологический стационарный опыт по разработке приемов органического земледелия для условий Республики Беларусь заложен на опытном поле, расположенном в ОАО «Гастелловское» Минского района на высокоокультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве достаточно чистой от сорняков ( $pH_{KCl}$  5,7–6,0, гумус – 2,52–2,99 %,  $P_2O_5$  – 433–518 мг/кг,  $K_2O$  – 375–404 мг/кг,  $CaO$  – 1796–1878 мг/кг,  $MgO$  – 225–269 мг/кг почвы).

Исследования проводили в звене севооборота овес (2013, 2014 г.) – картофель (2014, 2015 г.) – гречиха (2015, 2016 г.) – кабачок (2016, 2017 г.). В органической системе земледелия после овса фоном высевали люпин на сидерацию, после картофеля – озимую рожь на сидерацию. Повторность вариантов в опыте четырехкратная, размер делянки – 29,4 м<sup>2</sup>. Опыт заложен в двух последовательно открываемых полях. В каждом поле сельскохозяйственные культуры возделываются по интенсивной системе с применением традиционных форм удобрений и средств защиты растений согласно технологическим регламентам, действующим в Республике Беларусь, и органической, исключающей применение синтетических удобрений и пестицидов (применяются бактериальные удобрения, компосты, удобрения, приготовленные из натуральных продуктов).

Защита посевов от сорняков, болезней и вредителей при традиционной системе земледелия была проведена синтетическими пестицидами. При органической системе земледелия в 2014 г. проведено 4 окучевания картофеля, в 2015 г. – 2. Защиту картофеля от болезней и вредителей проводили биологическим препаратом Ксантрел: от альтернариоза и фитофтороза – в фазе начало бутонизации и в стадии цветения; от колорадского жука – с использованием ранцевого опрыскивателя по

мере заселения растений локально. В посевах гречихи средства защиты не применяли. Растения кабачка пропалывали вручную, от серой гнили провели 2 обработки биофунгицидом Фрутин.

В среднем за 2014–2015 гг. на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве при соблюдении традиционных элементов возделывания **урожай клубней картофеля** составил 236 ц/га. Внесение удобрений согласно технологическому регламенту (60 т/га подстилочного навоза КРС и  $N_{90}P_{30}K_{50}$ ) при химической защите растений обеспечило максимальную в опыте урожайность картофеля – 397 ц/га (таблица 2).

В блоке с органической системой земледелия возделывание картофеля

по фону соломы овса с сидеральной массой люпина обеспечило формирование урожайности на уровне 274 ц/га, что на 38 ц/га выше, чем в неудобренном варианте при традиционных методах возделывания. Достоверная прибавка к фону получена только в варианте с внесением подстилочного навоза КРС в дозе 40 т/га – 75 ц/га. В данном варианте урожайность была на уровне внесения 60 т/га подстилочного навоза КРС при традиционной системе, т. е. действие соломы с сидератом было аналогично влиянию 20 т/га навоза. В других удобренных вариантах урожайность картофеля была на уровне фона (Вермикомпост, 10 т/га; ПолиФунКур, 2 т/га; Гидрогумат, 4,5 л/га) или достоверно ниже (Байкал ЭМ1, Полибакт, ПолиФунКур,

2 % р-р). В результате урожайность картофеля при органической системе возделывания была в зависимости от варианта опыта на 12–46 % ниже, чем при традиционной системе в варианте с органоминеральной системой удобрения (подстилочный навоз КРС, 60 т/га +  $N_{90}P_{30}K_{50}$ ).

ПДК содержания нитратов ( $NO_3$ ) в клубнях картофеля на продовольственные цели составляет 150 мг/кг, на фураж – 500 мг/кг. В условиях 2015 г. содержание нитратов в клубнях картофеля было низким в большинстве вариантов опыта (16–46 мг  $NO_3$ /кг), только в отдельных поднимаясь до 66–71 мг  $NO_3$ /кг. В условиях 2014 г. содержание нитратов в клубнях картофеля было несколько выше, тем не менее, весь картофель был пригоден для использования на продовольственные цели. Однако в среднем содержание нитратов в клубнях картофеля при органических методах возделывания было на 42 % ниже, чем в варианте с органоминеральной системой удобрения.

Применение удобрений оказало существенное влияние на содержание белка: максимальное его содержание (10,8 %) естественно было в варианте с органоминеральной системой удобрения, при органической системе земледелия в зависимости от удобрения содержание белка было на уровне 7,2–8,1 % (таблица 3).

Содержание незаменимых аминокислот определяет биологическую ценность белка картофеля. Установлено, что содержание всех незаменимых кислот в клубнях картофеля имело выраженную тенденцию к снижению при органической системе земледелия по сравнению с органоминеральной системой удобрения.



Таблица 2 – Влияние разных систем возделывания и удобрений на урожайность картофеля (среднее, 2014–2015 гг.)

| Вариант                                | Урожайность, ц/га | Прибавка к фону, ц/га | Недобор урожая к традиционной системе, ц/га | Крахмал, % | Нитраты, мг/кг |
|--|-------------------|-----------------------|---|------------|----------------|
| <b>Традиционная система земледелия</b> |                   |                       |   |            |                |
| Без удобрений (контроль)               | 236               | –                     |   | 13,8       | 88             |
| ПН* КРС, 60 т/га                       | 353               | 117                   |   | 12,9       | 90             |
| ПН КРС, 60 т/га + $N_{90}P_{30}K_{50}$ | 397               | 161                   |   | 13,5       | 122            |
| <b>Органическая система земледелия</b> |                   |                       |   |            |                |
| Солома + сидерат – фон                 | 274               | –                     | –123 (–31 %)                                | 15,2       | 79             |
| Фон + ПН КРС, 40 т/га                  | 349               | 75                    | –48 (–12 %)                                 | 13,7       | 86             |
| Фон + ПолиФунКур, 2 т/га               | 281               | 7                     | –116 (–29 %)                                | 14,9       | 63             |
| Фон + Вермикомпост, 10 т/га            | 292               | 18                    | –105 (–26 %)                                | 15,6       | 92             |
| Фон + Байкал ЭМ1, 9 л/га               | 215               | –59                   | –182 (–46 %)                                | 15,6       | 51             |
| Фон + Полибакт, 9 л/га                 | 240               | –35                   | –157 (–40 %)                                | 14,5       | 74             |
| Фон + ПолиФунКур, 2 % р-р              | 235               | –39                   | –162 (–41 %)                                | 14,4       | 66             |
| Фон + Гидрогумат, 4,5 л/га             | 290               | 16                    | –107 (–27 %)                                | 16,2       | 52             |
| НСР <sub>05</sub>                      | 22                | 22                    |   | 1,3        | 5              |

Примечание – \*ПН – подстилочный навоз.



Урожай **зерна гречихи** за счет плодородия высококультурной дерново-подзолистой суглинистой почвы в среднем за 2015–2016 гг. составил 22,8 ц/га (рисунок 5). Последствие подстильного навоза КРС, внесенного в дозе 60 т/га под предшественник (картофель), обеспечило дополнительный сбор 8,0 ц/га зерна. Внесение минеральных удобрений на фоне последствия навоза было неэффективным. Запашка зеленой массы озимой ржи (сидерат) в блоке с органической системой земледелия обеспечила только тенденцию роста урожайности гречихи. Максимальная в органическом блоке урожайность (27,2 ц/га) получена на фоне последствия 40 т/га подстильного навоза КРС, минимальная – в варианте с внесением микробиологического удобрения Байкал ЭМ 1 – 17,3 ц/га, недобор урожая по сравнению с фоном составил 7,2 ц/га (рисунок 5).

Таким образом, за счет отказа от средств защиты растений и внесения минеральных удобрений при органических методах возделывания гре-

чихи недобор урожая зерна на фоне последствия подстильного навоза КРС в дозе 40 т/га был минимальным и составил 2,8 ц/га (9 %), в других вариантах недобор зерна был на уровне 6,9–12,7 ц/га или 23–42 % по сравнению с традиционной системой возделывания этой культуры (1-й год последствия подстильного навоза КРС, 60 т/га + N<sub>40</sub>K<sub>40</sub>).

Применение удобрений оказало влияние на содержание белка в зерне гречихи: максимальное его содержание (12,7 %) было в варианте с органической системой удобрения, при органической системе земледелия в зависимости от удобрения содержание белка было на уровне 9,1–12,2 %. Также при традиционной системе земледелия более высоким было содержание критических (12,10 г/кг) и незаменимых (32,97 г/кг) аминокислот (таблица 3).

В результате проведения исследований с **гибридом кабачка Каризма** установлено, что в среднем за 2016–2017 гг. в традиционной системе земледелия за счет плодородия

высококультурной дерново-подзолистой суглинистой почвы получено 80,5 т/га кабачка (рисунок 6). Внесение подстильного навоза КРС в дозе 60 т/га обеспечило дополнительный сбор 57,9 т/га. Максимальная урожайность (146,1 т/га) получена при органической системе удобрения: подстильный навоз КРС, 60 т/га + N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>.

В органической системе земледелия в фоновом варианте (солома гречихи) получено 88,2 т/га кабачка. Внесение микробного препарата Жыцень под кабачок способствовало росту урожайности по сравнению с фоном на 7,2 т/га. Такие удобрения, как Вермикомпост (5 т/га), ПолиФунКур (0,5 т/га и 2%-ный раствор) не оказали существенного влияния на урожайность кабачка.

Применение бактериального удобрения Байкал ЭМ1 способствовало снижению урожайности на 9,7 т/га. Наибольшую прибавку урожая к фону (27,2 т/га) в органической системе земледелия обеспечило внесение 40 т/га подстильного навоза КРС. Та-

Таблица 3 – Влияние систем земледелия и удобрений на содержание белка, незаменимых и критических аминокислот в сельскохозяйственной продукции (на сухое вещество)

| Вариант                                | Клубни картофеля |                         |             | Зерно гречихи* |                         |             | Плоды кабачка |                         |             |
|--|------------------|-------------------------|-------------|----------------|-------------------------|-------------|---------------|-------------------------|-------------|
|  | белок, %         | сумма аминокислот, г/кг |             | белок, %       | сумма аминокислот, г/кг |             | белок, %      | сумма аминокислот, г/кг |             |
|  |                  | критические             | незаменимые |                | критические             | незаменимые |               | критические             | незаменимые |
| <b>Традиционная система земледелия</b> |                  |                         |             |                |                         |             |               |                         |             |
| ПН КРС, 60 т/га + NPK                  | 10,8             | 5,47                    | 17,44       | 12,7           | 12,10                   | 32,97       | 12,1          | 9,88                    | 24,28       |
| <b>Органическая система земледелия</b> |                  |                         |             |                |                         |             |               |                         |             |
| Сидерат + солома – фон                 | 8,1              | 4,02                    | 12,75       | 10,6           | 11,04                   | 30,15       | 8,4           | 7,15                    | 20,16       |
| Фон + ПН КРС, 40 т/га                  | 7,7              | 3,58                    | 11,77       | 9,1            | 9,78                    | 28,60       | 8,8           | 5,99                    | 16,77       |
| Фон + ПолиФунКур                       | 7,6              | 4,88                    | 15,93       | 10,8           | 9,91                    | 30,92       | 8,1           | 6,77                    | 19,92       |
| Фон + Вермикомпост                     | 7,2              | 4,71                    | 16,18       | 10,2           | 8,81                    | 26,41       | 8,2           | 7,82                    | 22,03       |
| Фон + Байкал ЭМ1                       | 7,9              | 4,20                    | 13,81       | 11,5           | 8,88                    | 26,56       | 8,3           | 6,28                    | 16,43       |
| Фон + Жыцень                           | –                | –                       | –           | 12,2           | 8,88                    | 25,43       | 10,7          | 7,94                    | 21,30       |

Примечание – \*1-й год последствия органических удобрений.

ким образом, минимальный недобор урожая кабачка (30,7 т/га или 21 %) в органической системе земледелия по сравнению с органоминеральной системой удобрения отмечен в вариан-

те с внесением 40 т/га подстилочного навоза КРС, максимальный – в варианте с применением бактериального удобрения Байкал ЭМ1 – 67,6 т/га или 46 %.

ПДК содержания нитратов кабачка на пищевые цели составляет 400 мг/кг. Анализ содержания нитратов в плодах кабачка показал, что чем более зрелый плод, тем меньше

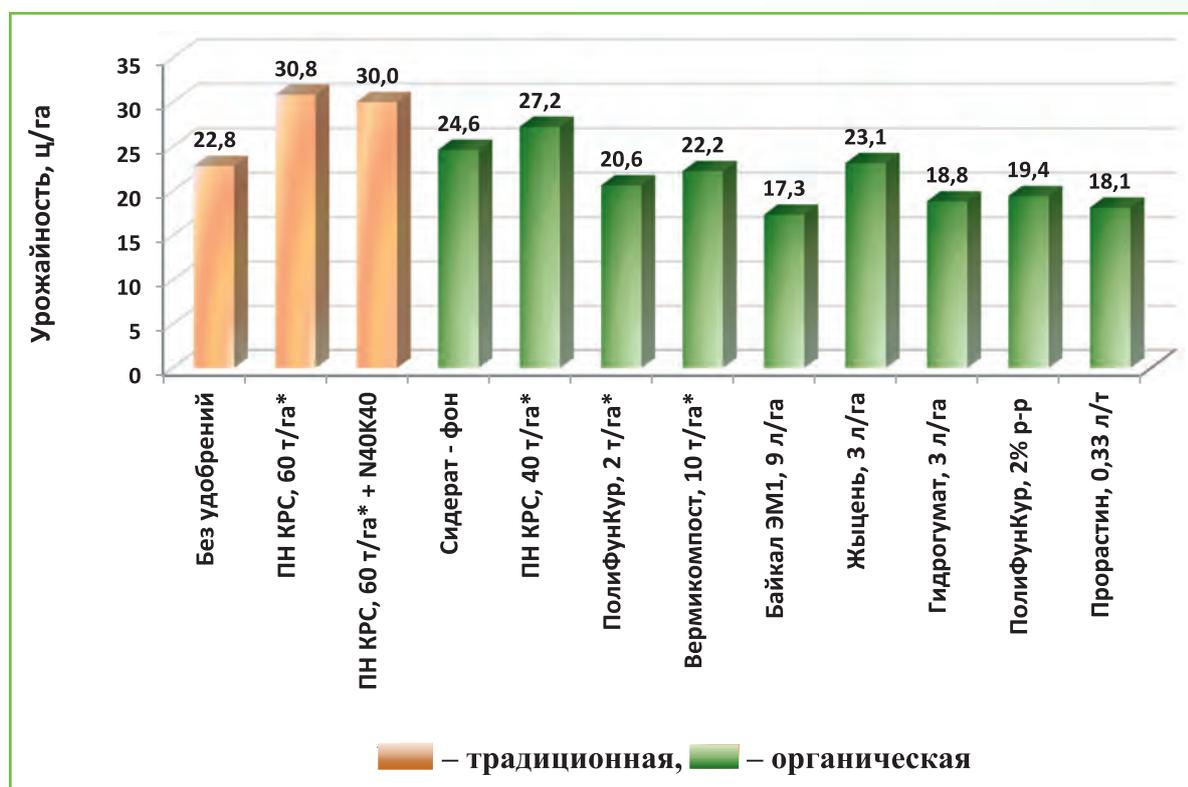


Рисунок 5 – Влияние удобрений на урожайность гречихи в разных системах возделывания (НСР<sub>05</sub> – 2,1 ц/га) (\*1-й год последействия органических удобрений)

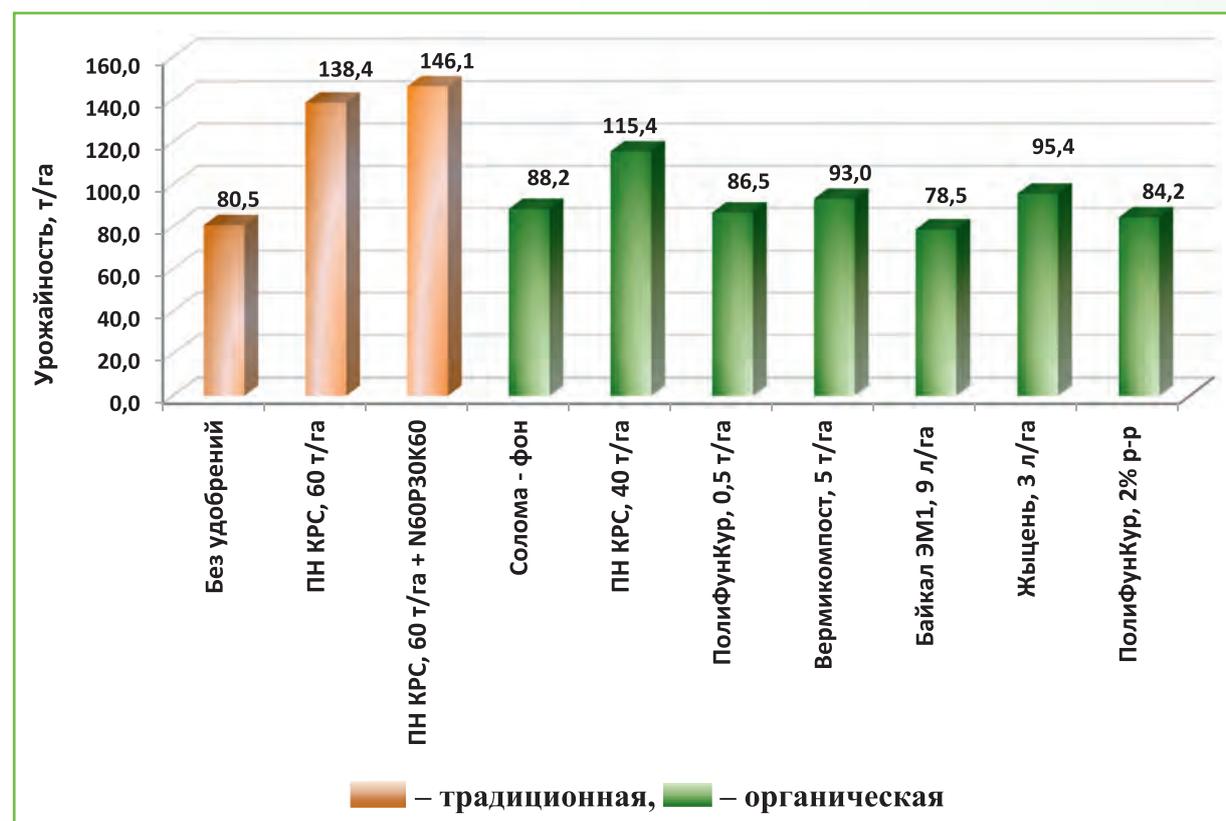


Рисунок 6 – Влияние удобрений на урожайность кабачка в разных системах возделывания (НСР<sub>05</sub> – 6,0 ц/га)

содержит нитратов. Установлено также, что в кабачках каждого последующего сбора накапливалось нитратов меньше, чем в предыдущем, особенно это было характерно для урожая в органической системе земледелия. Как в 2016, так и в 2017 г. содержание нитратов в первом сборе превышало допустимый уровень независимо от системы земледелия. Кабачок последующих сборов был пригоден для переработки на пищевые цели. При органической системе земледелия содержание нитратов в плодах кабачка было в среднем на 35 % ниже, чем при органоминеральной системе удобрения.

Установлено, что содержание белка в плодах кабачка при органоминеральной системе удобрения составило 12,1 %, в то время как при органической в зависимости от варианта опыта было на уровне 8,1–10,7 %. Соответственно более низким было и содержание критических и заменимых аминокислот (таблица 3).

**За звено севооборота** (овес – картофель – гречиха – кабачок) наиболее благоприятный баланс элементов питания сложился при органоминеральной системе удобрения: по азоту приход превышал вынос на 461 кг/га, по фосфору – на 141 кг/га, и только по калию вынос с урожаем превышал поступление с удобрениями на 56 кг/га (таблица 4).

При органической системе земледелия бездефицитный баланс элементов питания сложился только в варианте с внесением подстилочного навоза по фону соломы и сидератами: за четыре года поступление в почву превышало вынос с урожаем: азота – на 204 кг/га, фосфора – на 64, калия – на 49 кг/га. Во всех остальных вариантах получен отрицательный баланс элементов питания, что в дальнейшем отрицатель-

но скажется на плодородии почвы, особенно на содержании подвижных форм калия.

Анализ почвенных образцов, отобранных перед закладкой опыта и в конце севооборота, показал, что увеличение содержания гумуса в почве при традиционной системе земледелия отмечено в вариантах с органоминеральной и органической системами удобрения (таблица 5). При органической системе земледелия бездефицитный баланс гумуса обеспечило внесение подстилочного навоза на фоне применения соломы и сидерата. В вариантах с применением ПолиФунКура, Вермикомпоста и микробного удобрения Байкал ЭМ1 наблюдается тенденция к снижению содержания гумуса в почве. Аналогичные тенденции отмечены и в изменении содержания в почве подвижных форм фосфора. Следует отметить, что высококультуренная дерново-подзолистая суглинистая почва имеет высокую буферную способность, т. е. при довольно высоком отрицательном балансе калия, а в отдельных вариантах и фосфора, фактическое

снижение подвижных форм калия и фосфора в почве было невысоким (таблица 5).

В условиях полевого опыта снижение урожайности культур в системе органического земледелия в сравнении с традиционной технологией возделывания наблюдалось по всем вариантам применения органических удобрений и биопрепаратов. Расчет изменения денежной выручки сделан в USD/га на основе средней цены на продовольственный картофель (100 USD/т), максимальной цены на гречиху 2-го класса, закупаемую для государственных нужд (229 USD/т) и цены, по которой был сдан кабачок на Столбцовский плодоовощной завод (38 USD/т), а также дополнительных разноуровневых затрат, связанных с применением микробиологических и органических удобрений, сидератов, биопрепаратов и средств защиты растений (в ценах на 2017 г.).

Результаты изменения денежной выручки в расчете на 1 га с учетом уровня затрат при применении различных систем удобрения и защиты растений приведены в таблице 6.

**Таблица 4 – Влияние применяемых систем удобрения на баланс основных элементов питания в почве за звено севооборота (овес – картофель – гречиха – кабачок)**

| Система      | Вариант  | Баланс, ± кг/га |                               |                  |
|--------------|--|-----------------|-------------------------------|------------------|
|              |  | N               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Традиционная | Без удобрений  | -224            | -163                          | -494             |
|              | ПН КРС, 120 т/га   | 248             | 73                            | -153             |
|              | ПН КРС, 120 т/га + N <sub>280</sub> P <sub>90</sub> K <sub>200</sub> | 461             | 141                           | -56              |
| Органическая | Солома + сидерат – фон   | -187            | -132                          | -339             |
|              | Фон + ПН КРС, 80 т/га  | 204             | 64                            | 49               |
|              | Фон + ПолиФунКур, 2,5 т/га   | -79             | -63                           | -220             |
|              | Фон + Вермикомпост, 20 т/га  | -67             | -61                           | -196             |
|              | Фон + Байкал ЭМ1   | -148            | -79                           | -213             |

**Таблица 5 – Влияние применяемых систем удобрения на изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой суглинистой почвы**

| Вариант  | Гумус, % |      |       | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг |     |     | K <sub>2</sub> O, мг/кг |     |     |
|--|----------|------|-------|---------------------------------------|-----|-----|-------------------------|-----|-----|
|  | 1*       | 2*   | ±     | 1                                     | 2   | ±   | 1                       | 2   | ±   |
| <b>Традиционная система земледелия</b>                               |          |      |       |                                       |     |     |                         |     |     |
| Без удобрений  | 2,62     | 2,55 | -0,07 | 510                                   | 470 | -40 | 370                     | 300 | -70 |
| ПН КРС, 120 т/га   | 2,58     | 2,68 | 0,10  | 508                                   | 522 | 14  | 390                     | 370 | -20 |
| ПН КРС, 120 т/га + N <sub>280</sub> P <sub>90</sub> K <sub>200</sub> | 2,55     | 2,70 | 0,15  | 516                                   | 545 | 29  | 385                     | 375 | -10 |
| <b>Органическая система земледелия</b>                               |          |      |       |                                       |     |     |                         |     |     |
| Солома + Сидерат – фон   | 2,72     | 2,67 | -0,05 | 498                                   | 472 | -26 | 389                     | 330 | -59 |
| Фон + ПН КРС, 80 т/га  | 2,55     | 2,62 | 0,07  | 512                                   | 524 | 12  | 401                     | 410 | 9   |
| Фон + ПолиФунКур, 2,5 т/га   | 2,68     | 2,65 | -0,03 | 525                                   | 515 | -10 | 395                     | 355 | -40 |
| Фон + Вермикомпост, 17 т/га  | 2,70     | 2,68 | -0,02 | 505                                   | 498 | -7  | 382                     | 347 | -35 |
| Фон + Байкал ЭМ1   | 2,81     | 2,75 | -0,06 | 517                                   | 495 | -22 | 391                     | 352 | -39 |

Примечание – \*1 – начало ротации, 2 – конец ротации.

Наименьшие потери денежной выручки в сравнении с традиционной технологией возделывания наблюдались при внесении по фону подстильного навоза КРС в дозе 40 т/га в органической системе земледелия: картофеля – 513 USD/га, гречихи – 82,8 USD/га, кабачка – 1070 USD/га. Наибольшие потери денежной выручки в сравнении с традиционной технологией возделывания были отмечены при применении биоорганических удобрений Вермикомпост, ПолиФунКур и микробного удобрения Байкал ЭМ1.

### Заключение

В исследованиях, проведенных на высококультуренной дерново-подзолистой суглинистой почве, установ-

лено, что при возделывании картофеля, гречихи и кабачка в органической системе земледелия достоверную прибавку урожая из всех изучаемых удобрений на фоне заправки соломы и сидерата обеспечило только действие и последствие подстильного навоза КРС в дозе 40 т/га.

Максимальное содержание белка в клубнях картофеля (10,8 %), зерне гречихи (12,7 %) и плодах кабачка (12,1 %) отмечено в варианте с органоминеральной системой удобрения. При органической системе земледелия в зависимости от удобрения содержание белка было в клубнях на уровне 7,2–8,1 %, зерне – 9,1–12,2 %, плодах кабачка – 8,1–10,7 % при выраженной тенденции к снижению содержания незаменимых аминокислот

по сравнению с органоминеральной системой удобрения.

При органоминеральной системе удобрения отмечено увеличение содержания в почве гумуса и подвижных форм фосфора. При органической системе земледелия их бездефицитный баланс обеспечило только внесение подстильного навоза на фоне применения соломы и сидерата, в остальных вариантах отмечена тенденция к снижению плодородия почвы.

Потери денежной выручки в органическом земледелии в сравнении с традиционной технологией возделывания картофеля составили 513–1816 USD/га, гречихи – 82,8–461,3 USD/га, кабачка – 1070–2423 USD/га. Поэтому для того чтобы сельхозпроизводители органической

Таблица 6 – Изменение денежной выручки при возделывании культур в системе органического земледелия с учетом затрат при применении различных систем удобрения и защиты растений

| Вариант   | Урожайность, ц/га | Изменение (Δ) урожайности, ц/га | Затраты на удобрения и средства защиты растений, USD/га |                  | Потери денежной выручки, USD/га |  |
|---|-------------------|---------------------------------|---|------------------|---------------------------------|--|
|   |                   |                                 | всего   | Δ к традиционной | за счет снижения урожайности    | с учетом затрат на удобрения и средства защиты |
| <b>Картофель, сорт Лилея</b>                                      |                   |                                 |   |                  |                                 |  |
| ПН КРС, 60 т/га + N <sub>90</sub> P <sub>30</sub> K <sub>50</sub> | 397               | –                               | 234   | –                | –                               | –  |
| <i>Органическая система земледелия*</i>                           |                   |                                 |   |                  |                                 |  |
| Солома + сидерат – фон  | 274               | –123                            | 194,4   | –39,2            | –1230                           | –1191  |
| ПН КРС, 40 т/га   | 349               | –48                             | 266,4   | 32,8             | –480                            | –513   |
| Вермикомпост, 10 т/га   | 292               | –105                            | 794,4   | 560,8            | –1050                           | –1611  |
| ПолиФунКур, 2 т/га  | 281               | –116                            | 554,4   | 320,8            | –1160                           | –1481  |
| Гидрогумат, 3 л/га  | 290               | –107                            | 197,7   | –35,9            | –1070                           | –1034  |
| Байкал ЭМ1, 9 л/га  | 215               | –182                            | 229,5   | –4,1             | –1820                           | –1816  |
| <b>Гречиха, сорт Влада</b>  |                   |                                 |   |                  |                                 |  |
| ПН КРС, 60 т/га** + N <sub>40</sub> K <sub>40</sub>               | 30,0              | –                               | 89,4  | –                | –                               | –  |
| <i>Органическая система земледелия*</i>                           |                   |                                 |   |                  |                                 |  |
| Сидерат (оз. рожь) – фон  | 24,6              | –5,4                            | 72  | –17,4            | –123,7                          | –106,3   |
| ПН КРС, 40 т/га**   | 27,2              | –2,8                            | 108   | 18,6             | –64,2                           | –82,8  |
| Жыцень, 3 л/га  | 23,1              | –6,9                            | 81  | –8,4             | –158,1                          | –149,7   |
| Вермикомпост**, 10 т/га   | 22,2              | –7,8                            | 372   | 282,6            | –178,7                          | –461,3   |
| ПолиФунКур**, 2 т/га  | 20,6              | –9,4                            | 252   | 162,6            | –215,4                          | –378,0   |
| Гидрогумат, 3 л/га  | 18,8              | –11,2                           | 75,3  | –14,1            | –256,6                          | –242,5   |
| Байкал ЭМ1, 9 л/га  | 17,3              | –12,7                           | 107,1   | 17,7             | –291                            | –308,7   |
| <b>Кабачок, сорт Каризма</b>                                      |                   |                                 |   |                  |                                 |  |
| ПН КРС, 60 т/га + N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> | 1461              | –                               | 169,0   | –                | –                               | –  |
| <i>Органическая система земледелия*</i>                           |                   |                                 |   |                  |                                 |  |
| Солома – фон  | 882               | –579                            | –   | –169             | –2200                           | –2031  |
| ПН КРС, 40 т/га   | 1154              | –307                            | 72  | –97              | –1167                           | –1070  |
| Жыцень (обр. почвы)   | 954               | –507                            | 9,0   | –160             | –1927                           | –1767  |
| Вермикомпост, 5 т/га  | 930               | –531                            | 300,0   | 131              | –2018                           | –2149  |
| ПолиФунКур, 0,5 т/га  | 865               | –596                            | 90,0  | –79              | –2265                           | –2186  |
| Байкал ЭМ1, 6 л/га  | 785               | –676                            | 23,4  | –146             | –2569                           | –2423  |

Примечание – \*В органической системе земледелия все удобрения внесены по фону, \*\*1-й год последствия органических удобрений.

продукции находились в равных условиях с производителями традиционной растениеводческой продукции, цены на органическому производству должны быть как минимум на 30 % выше.

Таким образом, переход на органические методы ведения хозяйства может быть оправданным при условии наличия рынка сбыта органической продукции по ценам, окупающим затраты на ее производство, и сертификацию процесса производства, или при оказании господдержки, покрывающей дополнительные расходы органических производителей. Переход на органические методы ведения хозяйства может быть успешным на

высокоплодородных почвах относительно чистых от сорняков (особенно многолетних), в хозяйствах с наличием органических удобрений в достаточных количествах, а также с хорошим опытом возделывания бобовых сидератов.

Целесообразно заниматься органическим земледелием в зонах, прилегающих к экологическим заповедникам и заказникам, а также на территориях с возделыванием культур,

продукция которых используется для производства детского питания.

При планировании поставки органической продукции на экспорт разработка и внедрение принципов биоорганического хозяйства должны проводиться на основе строгого соблюдения правил экологического земледелия в соответствии с правилами Международной федерации органических сельскохозяйственных движений.

#### Контактная информация

Серая Таисия Михайловна 8 017 212 41 08

УДК 631.847.21:633.1

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОБАКТЕРИНА на многолетних злаковых травах и льне-долгунце

Н. А. Михайловская, кандидат с.-х. наук, Т. Б. Барашенко, ведущий агроном,  
С. В. Дюсова, ведущий инженер-химик  
Институт почвоведения и агрохимии

Микробные удобрения – перспективные средства экологизации растениеводства. Их применение способствует эффективному использованию биологических механизмов питания растений, повышению урожайности и качества продукции, снижает химическую нагрузку на почву.

#### Бактериальное удобрение Азобактерин

В Институте почвоведения и агрохимии разработано бактериальное удобрение Азобактерин, в состав которого входит зональный штамм азотфиксирующих бактерий *Azospirillum brasilense* ВКПМ В-4485, индуцирующих значительный гормональный эффект и способных к мобилизации фосфора из нерастворимых ортофосфатов кальция. По данным краткосрочных (30 суток) лабораторных экспериментов, за счет Азобактерина объем корней растений увеличивался в среднем на 30 %, сырая масса – на 54 %, высота – на 8 %, сырая масса надземной части – на 25 %, что существенно повышало их адаптивные возможности в отношении использования элементов минерального питания и воды. Препаративная форма Азобактерина – концентрированный

раствор, используется как для предпосевной обработки семян, так и для обработки посевов в начале вегетации.

#### Эффективность Азобактерина на многолетних злаковых травах

Длительные полевые опыты с многолетними злаковыми травами, проведенные на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых супесчаных почвах, показали, что обработка семян Азобактерином обеспечивала стабильный положительный эффект на четырех видах злаковых трав, возделываемых в республике – овсянице луговой, тимофеевке луговой, костреце безостом и еже сборной. При равных условиях минерального питания ( $N_{30}P_{60}K_{90}$ ) наибольший эффект от инокуляции семян получен на костреце безостом и еже сборной – при средней урожайности 62 и 56 ц/га прибавки от Азобактерина составили 10 и 9 ц/га сухой массы. Урожайность и прибавки от инокуляции семян тимофеевки и овсяницы составили 48 и 40 ц/га, 7 и 5 ц/га сухой массы соответственно. Реальный вклад Азобактерина в азотное питание подтверждается соответствующим повышении



Н. А. Михайловская,  
заведующая лабораторией  
микробиологии и биохимии почв

ем содержания белка в урожае трав: костреца – с 10,2 до 13,6 %, еже – с 10,7 до 12,9 %, тимофеевки – с 9,5 до 11,1 %, овсяницы – с 9,3 до 11 % (таблица 1).

Применение Азобактерина способствовало снижению удельной активности злаковых трав как по  $^{137}Cs$ , так и по  $^{90}Sr$ . Отмечены различия по способности трав к аккумуляции радионуклидов. Наиболее высокой удельной активностью по  $^{137}Cs$  отличалась

фитомасса костреца (60 Бк/кг), далее в убывающем порядке – тимофеевки (50 Бк/кг), ежи (43,3 Бк/кг) и овсяницы (36,7 Бк/кг). Азобактерин обеспечивал снижение удельной активности трав в 1,2–1,6 раз, уровень снижения перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в фитомассу коррелировал с прибавкой урожайности от Азобактерина. Учитывая зависимость степени снижения перехода  $^{137}\text{Cs}$  в фитомассу от величины урожайности и прибавок от инокуляции, наиболее вероятный механизм действия Азобактерина – эффект разбавления радионуклида.

Испытуемые злаковые травы различались также по аккумуляции радионуклида  $^{90}\text{Sr}$ . Наиболее высокой удельной активностью по  $^{90}\text{Sr}$  отличалась сухая масса ежи (37 Бк/кг), далее в убывающем порядке – костреца (28 Бк/кг), тимофеевки (20 Бк/кг) и овсяницы (16 Бк/кг). Азобактерин обеспечивал снижение удельной активности испытуемых злаковых трав примерно в два раза. Так как степень снижения перехода  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в фитомассу практически не зависела от

величины прибавки урожая, эффект разбавления радионуклида нельзя считать единственным действующим фактором. Следует учитывать, что тесно связанные с корнями трав азотфиксирующие бактерии *A. brasilense* В-4485 способны непосредственно влиять на переход  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в растения. По литературным данным, р. *Azospirillum* относится к наиболее активным бактериям в отношении иммобилизации радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , а также тяжелых металлов.

Таким образом, на четырех видах трав установлено, что Азобактерин в сочетании с невысокой дозой азота ( $\text{N}_{30}$ ) улучшает азотное питание, стимулирует рост и снижает аккумуляцию  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в урожае. При равных условиях минерального питания величина эффекта от Азобактерина и уровень аккумуляции радионуклидов в кормах зависят от генотипических особенностей трав, определяющих функционирование и активность азотфиксирующей ассоциации и соответствующее влияние на урожайность.

### Эффективность Азобактерина на льне-долгунце

В вегетационных и полевых опытах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах установлено, что применение Азобактерина (предпосевная инокуляция семян) обеспечивало более равномерные всходы и созревание льна-долгунца. Инокуляция семян стимулировала развитие корневой системы: сухая масса корней увеличивалась в 1,7–2,0 раза. Применение Азобактерина стимулировало закладку репродуктивных органов и значительно повышало урожай семян. В среднем за три года прибавки урожая семян льна-долгунца составляли: 0,2 т/га на фоне  $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  и 0,13 т/га на фоне  $\text{N}_{15}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  при урожайности 0,80 и 0,89 т/га соответственно (таблица 2).

В полевых опытах ежегодно наибольший урожай соломы, тресты, волокна и семян льна-долгунца, а также прибавок от инокуляции получали на фоне  $\text{N}_{15}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  + Азобактерин. В среднем за три года урожай соломы

Таблица 1 – Урожайность, азотфиксация на корнях и удельная активность сухой массы трав по  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на дерново-подзолистой супесчаной почве ( $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ , 1993–1996 гг., Мозырский район)

| Показатели   | Тимофеевка луговая |      | Овсяница луговая |      | Кострец безостый |      | Ежа сборная |      |
|--|--------------------|------|------------------|------|------------------|------|-------------|------|
|  | контр.             | БУ   | контр.           | БУ   | контр.           | БУ   | контр.      | БУ   |
| Урожайность, сухая масса, ц/га (НСР <sub>05</sub> – 3,2)   | 41                 | 48   | 35               | 40   | 52               | 62   | 47          | 56   |
| Азотфиксация, мкг N <sub>2</sub> /г корней (НСР <sub>05</sub> – 14,5)  | 20                 | 52,5 | 21               | 50   | 38               | 133  | 33          | 99   |
| Протеин, % (НСР <sub>05</sub> – 1,26)  | 9,5                | 11,1 | 9,3              | 11,0 | 10,2             | 13,6 | 10,7        | 12,9 |
| Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг (НСР <sub>05</sub> – 6,7)  | 50,0               | 35,0 | 36,7             | 30,0 | 60,0             | 41,7 | 43,3        | 26,7 |
| Удельная активность $^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг (НСР <sub>05</sub> – 3,8)   | 20,0               | 9,0  | 16,0             | 9,0  | 28,0             | 15,0 | 37,0        | 20,0 |
| Плотность загрязнения почвы: $^{137}\text{Cs}$ – 180–185 кБк/м <sup>2</sup> , $^{90}\text{Sr}$ – 12 кБк/м <sup>2</sup> |                    |      |                  |      |                  |      |             |      |

Примечание – БУ – бактериальное удобрение Азобактерин.

Таблица 2 – Влияние Азобактерина на урожайность и качество льнопродукции (лен-долгунец Нива, Горецкий район, 2002–2004 гг.)

| Вариант                                   | Солома, т/га |        | Треста, т/га |        | Семена, т/га |        | Длинное волокно, т/га |       | Номер соломки |
|---|--------------|--------|--------------|--------|--------------|--------|-----------------------|-------|---------------|
|   | 1            | 2      | 1            | 2      | 1            | 2      | 1                     | 2     |               |
| <b>Без инокуляции</b>                     |              |        |              |        |              |        |                       |       |               |
| Контроль                                  | 4,19         |        | 3,43         |        | 0,50         |        | 0,46                  |       | 1,33          |
| $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$              | 5,39         | –      | 4,46         | –      | 0,60         | –      | 0,72*                 | –     | 1,58          |
| $\text{N}_{15}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ | 6,35         | 0,96*  | 5,19         | 0,73*  | 0,76         | 0,16*  | 1,01*                 | 0,29  | 1,92          |
| $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ | 7,39         | 2,00*  | 6,13         | 1,67*  | 0,87         | 0,27*  | 1,17*                 | 0,16  | 2,00          |
| $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ | 6,77         | 1,38*  | 5,59         | 1,13*  | 0,81         | 0,21*  | 0,88*                 | –0,29 | 1,75          |
| <b>Предпосевная инокуляция семян</b>      |              |        |              |        |              |        |                       |       |               |
| $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$              | 6,56         | 1,17** | 5,42         | 0,96** | 0,80         | 0,20** | 1,08**                | 0,36  | 2,17          |
| $\text{N}_{15}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ | 7,81         | 1,46** | 6,48         | 1,29** | 0,89         | 0,13** | 1,34**                | 0,33  | 2,17          |
| НСР <sub>05</sub>                         | 0,22–0,41    |        |              |        | 0,035–0,050  |        | 0,16                  |       |               |

Примечание – 1 – урожайность, 2 – прибавка; \*прибавка от азота; \*\*прибавка от Азобактерина.

в варианте  $P_{60}K_{90}$  + Азобактерин составил 6,56 т/га, тресты – 5,42 т/га, в варианте  $N_{15}P_{60}K_{90}$  + Азобактерин – 7,81 т/га и 6,48 т/га соответственно. Средний уровень прибавок от инокуляции достигал: по соломе – 1,17 т/га на фоне  $P_{60}K_{90}$  и 1,46 т/га на фоне  $N_{15}P_{60}K_{90}$ , прибавки урожая тресты – 0,96 т/га на фоне  $P_{60}K_{90}$  и 1,29 т/га на фоне  $N_{15}P_{60}K_{90}$ .

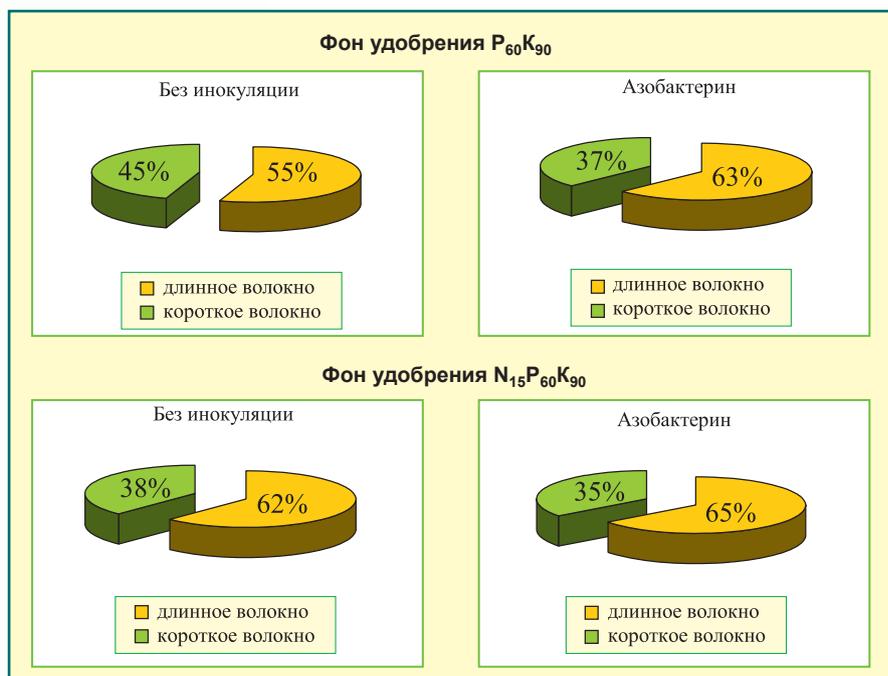
На фоне  $N_{15}P_{60}K_{90}$  + Азобактерин получен наиболее высокий выход длинного волокна, который в среднем за три года составил 1,34 т/га, прибавка от инокуляции – 0,33 т/га (таблица 2). Установлено положительное влияние Азобактерина на соотношение длинного и короткого волокна. На фоне  $P_{60}K_{90}$  под действием Азобактерина содержание длинного волокна возрастало в среднем на 7 %, на фоне внесения  $N_{15}P_{60}K_{90}$  содержание длинного волокна повышалось в среднем на 3 %, однако в целом в последнем варианте выход длинного волокна выше, чем на фоне РК-удобрений (рисунок).

По результатам исследований установлены перспективные варианты экологизации возделывания льна-долгунца за счет применения Азобактерина:

- на фоне  $N_{15}P_{60}K_{90}$  в сочетании с предпосевной инокуляцией семян, что позволяет экономить 15 кг/га азота и обеспечивает урожайность длинного волокна, эквивалентную внесению  $N_{30}P_{60}K_{90}$ , при этом выход длинного волокна составил в среднем 1,34 т/га, прибавка от инокуляции – 0,33 т/га, содержание длинного волокна повышалось на 3 %;
- на фоне  $P_{60}K_{90}$  в сочетании с предпосевной инокуляцией семян, что также позволяет экономить 15 кг/га азота и обеспечивает урожайность длинного волокна, эквивалентную внесению  $N_{15}P_{60}K_{90}$ , при этом выход длинного волокна составил в среднем 1,08 т/га, прибавка от инокуляции – 0,36 т/га, содержание длинного волокна повышалось на 7 %.

Применение Азобактерина позволяет снижать дозы азота при возделывании льна-долгунца. Действие Азобактерина на урожайность и качество продукции эквивалентно внесению как минимум 15 кг/га д. в. азота. При этом исключается избыток азота в корневой зоне льна, который может вызывать полегание растений и соответствующее снижение выхода волокна, его качества и урожая семян.

При использовании Азобактерина повышаются показатели качества продукции: на фонах  $P_{60}K_{90}$  и  $N_{15}P_{60}K_{90}$  средний номер льняной соломы достигал 2,17 по сравнению с



Влияние Азобактерина на содержание длинного волокна



Действие Азобактерина на развитие растений льна-долгунца  
1 и 2 – контроль, 3 и 4 – инокуляция семян Азобактерином

1,58 и 1,92 в вариантах без внесения бактерий (таблица 2).

### Заключение

Результаты исследований свидетельствуют, что бактериальное удобрение Азобактерин повышает адаптивные возможности растений, их урожайность и качество продукции. Применение Азобактерина на многолетних злаковых травах на загрязненной радионуклидами дерново-подзолистой супесчаной почве позволяет повышать их урожайность и снижать

содержание  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  в кормах. Реальный вклад Азобактерина в азотное питание подтверждается повышением содержания белка в травяных кормах: костреч – с 10,2 до 13,6 %, ежа – с 10,7 до 12,9 %, тимофеевка – с 9,5 до 11,1 %, овсяница – с 9,3 до 11 %. Азобактерин – эффективный инокулянт льна-долгунца. Разработаны перспективные варианты экологизации возделывания льна-долгунца:  $N_{15}P_{60}K_{90}$  + Азобактерин и  $P_{60}K_{90}$  + Азобактерин, которые позволяют экономить 15 кг/га азота и повышают выход длинного волокна.

### Контактная информация

Михайловская Наталья Алексеевна 8 017 212 09 34



## В БЕЛАРУСИ: СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

Компания Zemlyakoff является ведущим производителем средств защиты растений. О планах деятельности компании на белорусском рынке рассказали Директор компании Zemlyakoff Crop Protection Bel Игорь Кобзев и Управляющий партнер группы компаний Zemlyakoff Антон Земляков.

Компания под брендом Zemlyakoff родилась в 2007 году.

Сегодня мы располагаем 112 препаратами. У нас есть регистрации в России, Украине, Молдове, сейчас идет регистрация в Казахстане. Кроме того, у нас есть партнерские отношения, благодаря которым мы работаем по некоторым специфическим препаратам на внутреннем рынке Польши. О расширении на рынок Беларуси мы задумались два года назад, провели подготовительную работу, создали компанию Zemlyakoff Crop Protection Bel, зарегистрировали семь продуктов, которые поступят в продажу уже в этом сезоне, и у нас здесь грандиозные планы. На развитие бизнеса в Беларуси выделены инвестиционные средства, которые подразумевают в течение 3–5 лет доведение числа зарегистрированных продуктов как минимум до 50 и перенос производства из Польши в Беларусь, чтобы работать как на внутренний рынок, так и, в перспективе, на экспорт в ЕС. Создание производственной площадки в Беларуси будет способствовать нашим планам регистрации продуктов в Польше, Сербии, Венгрии. Мы живем в переменчивое с политической точки зрения время, и если взять исторические аналоги, то на фоне сегодняш-



Земляков Антон, Кобзев Игорь, Сорванов Дмитрий

них экономических санкций Беларусь можно сравнить с Гонконгом, через который когда-то вел дела с глобальным рынком изолированный от всего мира Китай. Нам здесь просто и понятно, как вести бизнес.

**Средства защиты растений** – основа деятельности компании Zemlyakoff. В этом направлении мы работаем не только с сельхозпроизводителями, но и с ЛПХ. В Беларуси мы планируем также скоро представить продукты для личных подсобных хозяйств.

Кроме того, при поддержке группы компаний «Базовый элемент» мы занимаемся **семенами**. Особым спросом, в том числе у голландских и испанских компаний, пользуются результаты работы наших генетиков

с овощными культурами. Это очень интересное направление: по мнению нашего инвестора, огурец должен хрустеть, а помидор должен пахнуть.

У нас есть совместные программы по семенам кукурузы, которые мы после регистрации тоже представим в Беларуси. Уже обозначена площадка в Могилевской области, утверждено оборудование, которое скоро будет монтироваться. Семенной материал будут поставлять венгерская и российская компании, за нами – подготовка, калибровка, протравливание, фасовка и поставка белорусским сельхозпроизводителям на наиболее льготных рыночных условиях.

Еще одно направление деятельности Zemlyakoff – **производство микроудобрений**. Здесь наши акцен-





### Производство средств защиты растений...

Уже в данный период времени в одном из регионов Беларуси (идут согласования) компания Zemlyakoff планирует в самом скором времени построить совместный экспортно ориентированный завод по производству средств защиты растений, стимуляторов роста и агрохимикатов с возможностью разработки и исследования новых препаративных форм и смесей, а также современной экологической тары. География поставок продукции с данного завода широка: Россия, Украина, Казахстан и страны Средней Азии, Молдова, страны Восточной Европы – Польша, Сербия, Венгрия, страны Балтии.

На площадке в 15 га разместится современное предприятие мощностью 15–20 тыс. т, будет организовано порядка 500 рабочих мест. Планируемые инвестиции достигают 50 млн долларов. Все производство будет сертифицировано и отвечать нормам экологической безопасности. Это будет полностью закрытая площадка, включающая в себя цеха полного производственного цикла, совместную аккредитованную лабораторию.

### В планах на 2019–2022 гг. строительство:

- цеха гербицидов, цеха по производству фунгицидных, инсектицидных и смесевых протравителей семян для сельхозкультур. Цех предусматривает возможность производства композитных смесей с использованием нескольких препаратов и микроэлементов под заказы семенных компаний и заводов;
- цеха по производству специализированной современной тары типа многослойный СОЕХ объемом 1, 3, 5, 10 л и комплектующих крышек и этикеток, в том числе многостраничных; современного цеха по утилизации и отходов тары, ее упаковки;

- склада расходных материалов и комплектующих, склада готовой продукции с многоярусным складированием и дистанционно-электронным учетом.

Также мы **планируем создание научно-практического центра**. Для этого в Минске будут собраны лучшие умы, не только живущие в Беларуси, но и их ученые коллеги из других стран, готовые работать вместе с нами над новыми препаративными формами, заниматься разработкой новых технологий синтеза, которые в будущем могут быть реализованы как с нашим польским партнером – заводом «Синтез» в городе Освенцим, так и с другими партнерами в Европе и Азии. Для привлечения и развития будущих высококвалифицированных кадров предусмотрена система грантов по поддержке талантов – от учеников сельских школ до работников научных учреждений, которые смогут участвовать в наших совместных исследованиях. Естественно, с нашей стороны будут сделаны соответствующие предложения в адрес НАН Беларуси на предмет совместной деятельности в данном направлении, в том числе с Институтом биоорганической химии и др.

У нас **формируется сильнейшая агротехнологическая служба**, для чего мы привлекаем лучших специалистов со всей страны. В помощь фермерам и агрономам хозяйств мы планируем выпустить сервисное приложение для смартфонов, которое позволит не только познакомиться с препаратами бренда, но и получить консультацию по тем или иным проблемам у специалиста компании посредством внутреннего мессенджера в аудио- или видеоформате, ведь в поле на решение проблемы отводятся считанные часы, агроному некогда ехать с вопросами в Минск или посылать факсы... Ему нужно просто позвонить в кол-центр компании Zemlyakoff Crop Protection Bel!

ты смещаются от простых вещей вроде элементов питания в жидкой форме к разработке комплексных продуктов, совмещающих питание растений со стимулирующим действием. Наши технологии позволяют достигать поразительных результатов в усвояемости растениями микро-, мезо- и макроэлементов.

Наше кредо – создать для аграриев удобный и качественный сегмент возможностей сегодняшнего дня. Мало сейчас производить лишь средства защиты растений – да и чего они будут стоить, если нет хорошей сеялки в хозяйстве? В эту сеялку необходимо семена заложить, земля требует также особого ухода в виде внесения различных удобрений. Без всего этого невозможно получать высокие урожаи.

Поэтому мы решили стать первой в Беларуси многопрофильной компанией, специализирующейся на производстве сеялок и микроудобрений совместно с нашими польскими партнерами – компанией «АгроЛэнд», на доработке высококачественных семян кукурузы совместно с нашим венгерским партнером «Хунгаросид», а также, естественно, на производстве средств защиты растений как в крупнотоннажном исполнении, так и в мелком для садоводов и огородников, на основе химического и в скором времени биологического сырья.





Главным принципом проекта станет высокое качество и доступность, возможность широкого выбора препаратов как по химической составляющей действующего вещества, так и по биологической. Да, именно биологическую часть мы планируем в будущем активно развивать в своих лабораториях и в Центре разработок.

Сельхозпроизводителей невозможно обмануть игрой с дозировками или хитрыми регистрациями. Лукавство в конечном счете ни к чему хорошему не приведет. И мы не можем позволить себе ни малейшего пятнышка на репутации. В основу всего мы закладываем партнерские отношения: если мы увидим стремление к этому со стороны сельхозпроизводителей, то приложим все свои возможности, чтобы помочь их развитию.

В отличие от наших коллег по бизнесу, мы не собираемся идти путем развития широкой дистрибьюторской сети. Наша философия – в создании региональных торговых домов вместе с wybranymi партнерами из ныне активно торгующих на рынке предприятий. считаем, что максимум одного–двух торговых домов в каждом их шести регионов страны вполне достаточно для успешной работы с конечными потребителями нашей продукции. Возможно, вообще поделим территорию Беларуси на две части – восточную и западную (по принципу многих импортных компаний), определим только двух партнеров. Торговые дома будут расти вместе с нами, им будет представлена возможность становиться крупными и сильными, мы будем активно развивать их и внедрять главные технологии.

### О производстве сеялок...

В марте 2018 года при поддержке Могилевского облисполкома мы представили свои сеялки специалистам данной области, и они поразили даже людей, которые десятилетиями занимаются механизацией сельского хозяйства. Одна сеялка выполняет четыре функции одновременно. Как

правило, хозяйство покупает сеялку для выполнения одной операции, а к ней вынуждено докупать прочие агрегаты. Приобретение нашей техники позволит сократить затраты без потерь эффективности. Сельскохозяйственная техника тоже будет производиться в Беларуси с использованием узлов и элементов, которые уже освоены белорусскими заводами (подвеска, шины, гидравлика, краска и т. д.). Это даст возможность создать целый кластер предприятиям Могилевской области, желающим участвовать в производстве узлов и агрегатов для использования в данном инвестпроекте, доведя долю участия белорусских комплектующих более чем до 50 %.

Объем заявок сегодня уже превышает возможности, которые мы заявляли, планируя организацию этого производства. Например, наши казахские партнеры готовы сделать большой предзаказ на производство сеялок для обработки своих широко-контурных полей (там востребованы агрегаты от 6 м и более).

Нами принято решение о формировании данного производственного предприятия на территории Могилевской области. Договор о намерениях мы планируем подписать с облисполкомом летом 2018 года в дни форума «Мельница успеха» в Могилеве.

### Семена и микроудобрения...

Всем нам ясно, что в климатических условиях Беларуси очень трудно вырастить элитные и высококачественные семена поздних гибридов, которые вызревают в Венгрии или на юге России. Но мы можем их дорабатывать. Сегодня импортные семена приходят к нам протравленные иностранными компаниями, фасованные в иностранную тару – в данном случае в основном в испанские мешки. И сельское хозяйство вынуждено за

все это переплачивать. Мы же намерены получать калиброванные семена в биг-бэгах от нашего венгерского партнера, протравливать их препаратами, произведенными на нашем заводе в Беларуси, и фасовать их в качественные белорусские мешки, произведенные на новеньком современном заводе в городе Светлогорск Гомельской области, с белорусской этикеткой.

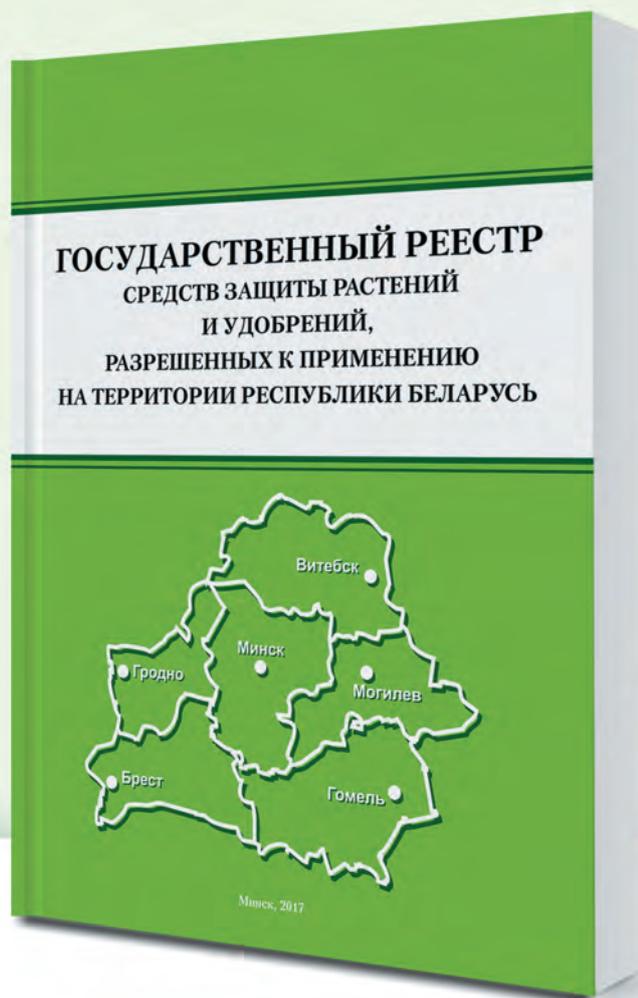
Опять же, максимальная локализация белорусских возможностей при формировании экспортно ориентированного продукта. Выгодно всем – плюс широкие рекламные возможности светлогорскому производству в других странах через поставки семян в их упаковке.

Что касается микроудобрений, то их производство будет сосредоточено рядом с нашим заводом по средствам защиты растений, где для этих целей создается серьезное предприятие совместно с польским партнером – компанией «АгроЛэнд». И здесь речь снова идет о локализации, а не копировании зарубежных рецептов или ингредиентов. В производстве этих продуктов будут использоваться в том числе и белорусские микроэлементы совместно с РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», что в городе Жодино (Минская область).

Zemlyakoff – социально ответственная компания, и своими успехами мы будем делиться не только с производителями, но и с людьми, проживающими в сельской местности. У нас есть программа поддержки школ, организации химических классов, обучения педагогических кадров. Мы хотим, чтобы в результате наших усилий профессия агронома в Беларуси стала не только почетной, но и успешной, дающей возможность человеку благополучно жить и прилично зарабатывать.



*Руководителям  
и специалистам  
сельскохозяйственных  
предприятий и организаций*



*Редакцией журнала  
«Земледелие и защита растений» издан*  
**«Государственный реестр  
средств защиты растений (пестицидов) и удобрений,  
разрешенных к применению на территории  
Республики Беларусь»**  
*(выпуск 2017 г.)*

В реестр включены пестициды и удобрения, зарегистрированные ранее и прошедшие государственную регистрацию в 2014–2017 гг.

Реестр содержит подробную информацию о новейших пестицидах и удобрениях, а также о регламентах и технологиях их применения на всех сельскохозяйственных культурах.

В силу этого Государственный реестр является уникальным справочным пособием для агрономов, фермеров, научных работников, студентов аграрных ВУЗов.

**Необходимое количество экземпляров реестра Вы можете заказать в редакции журнала «Земледелие и защита растений», произведя предоплату согласно счет-фактуре.**

*Реестр высылается почтой  
в течение 10 календарных дней после оплаты.*

Справки по: тел./факс 8 (017) 509-24-89,  
моб. тел. 8 (029) 640-23-10, 8 (029) 659-64-47,  
8 (029) 371-52-29 (бухгалтер).

## ИНСЕКТИЦИДЫ



**ВЕЛЕС®**

- Лучший по токсичности в сегменте
- Отличный партнёр интенсивной защиты посевов
- Мгновенное эффективное продолжительное действие



**ФРЕЯ®**

- Быстрое парализующее, репеллентное и антифидантное действие
- Высокая биологическая и экономическая эффективность
- Низкие затраты на гектар



**ВИРИЙ®**

- Низкая токсичность для пчёл и шмелей
- Быстрый эффект
- Надёжный контроль

 **Производство в Республике Беларусь:** Брестская область, Березовский район, 1  
+375 (1643) 3-74-61 / телефон-факс

 **Центральный офис в г. Минске:** ул. Ф. Скорины, 8, 8 эт.  
+375 (17) 200-08-44 / телефон; +375 (17) 200-07-10 / факс  
+7 (909) 467-27-61 / отдел экспорта:

 [www.frandesa.by](http://www.frandesa.by)



Вырастим свое!

# БИОСТИМ

РЕКЛАМА



## СОХРАНИ И ПРИУМНОЖЬ УРОЖАЙ

### УДОБРЕНИЯ-БИОСТИМУЛЯТОРЫ НА ОСНОВЕ АМИНОКИСЛОТ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЕМЯН И ЛИСТОВЫХ ПОДКОРМОК

- Увеличение всхожести и энергии прорастания семян
- Стимулирование развития корневой системы
- Защита от стрессов, восстановление продуктивности после воздействия стрессов
- Повышение иммунитета растений
- Улучшение вегетативного роста и развития растений
- Повышение урожайности и качества получаемой продукции

г. Минск, просп. Независимости, д. 11, корп. 2, оф. 408, РУП отель «Минск»  
Тел.: +8(1037517)209-95-70; +8(1037517)209-94-23; +8(1037517)209-90-10  
E-mail: schelkovominsk@mail.ru



**ЩЕЛКОВО  
АГРОХИМ**

российский аргумент защиты

[www.betaren.ru](http://www.betaren.ru)



# БАНДЖО® ФОРТЕ

## И все в порядке!

### КОНТРОЛЬ БОЛЕЗНЕЙ

Новый фунгицид компании ADAMA для защиты картофеля. Благодаря уникальной комбинации двух высокоэффективных действующих веществ, он является мощным средством в борьбе с фитофторозом и имеет множество преимуществ.

- ▶ Превосходный контроль основных болезней картофеля.
- ▶ Уникальная комбинация двух активных веществ.
- ▶ Эффективная защита листьев и клубней.
- ▶ Сайд-эффект на *Sclerotinia sclerotiorum*.
- ▶ Длительный период защитного действия.
- ▶ Простота в использовании.



**Новый игрок  
в команде**

# ADAMA

НОВИНКА



**СИВАНТО**<sup>®</sup>  
энерджи

# Растить с Энергией

**Инновационный  
системно-контактный  
инсектицид для защиты рапса**

- Новый химический класс
- Новый уровень системного действия
- Тотальный контроль вредителей, в т.ч. личинок: стеблевого, семенного, комарика
- Работает при температуре 8-30°C