

Министерство сельского хозяйства РФ

ФГОУ ВПО «Брянская ГСХА»

Харкевич Л.П., Белоус И.Н., Анишина Ю.А.

*Реабилитация  
радиоактивно загрязненных  
сенокосов и пастбищ*

Брянск 2011

УДК 633.2:539  
ББК 42:22.383  
Х 21

Харкевич Л.П. Реабилитация радиоактивно загрязненных сенокосов и пастбищ. Монография / Л.П. Харкевич, И.Н. Белоус, Ю.А. Анишина. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2011. - 217 с.

ISBN 978-5-88517-200-4

В монографии изложены результаты многолетних исследований, проведенных на Новозыбковской государственной сельскохозяйственной опытной станции по изучению приемов улучшения естественных кормовых угодий, способствующих максимальному снижению содержания радионуклидов в пахотном слое почвы и в получаемой продукции.

Подробно освещена система мер по реабилитации естественных кормовых угодий, обеспечивающих получение кормов, соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам. Разработанные на основе экспериментальных исследований технологии реабилитации радиоактивно загрязненных кормовых угодий являются основой использования на практике конкретных мероприятий по увеличению производства кормов в условиях радиоактивного загрязнения естественных кормовых угодий и прогнозирования уровней загрязнения продукции животноводства

Показано влияние длительного возделывания многолетних трав на плодородие почвы и баланс основных элементов питания растений.

Дана оценка параметров вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  под влиянием обработок почвы и минеральных удобрений в луговом ценозе в отдаленный период после аварии на ЧАЭС.

Впервые в условиях дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава, загрязненных радионуклидами, изучено влияние на урожай и качество и дана агроэкологическая оценка применения осадка сточных вод на многолетних злаковых травах.

Предназначено для специалистов АПК, научных работников, преподавателей ВУЗов, аспирантов и студентов.

ISBN 978-5-88517-200-4

© Брянская ГСХА, 2011  
© Харкевич Л.П., 2011  
© Белоус И.Н., 2011  
© Анишина Ю.А., 2011

## ВВЕДЕНИЕ

Авария на Чернобыльской АЭС привела к масштабному загрязнению территорий России, Беларуси, Украины и ряда европейских стран. Одним из наиболее тяжелых последствий аварии явилось радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий, а также природных экосистем (Пристер и др., 1996; Маркина, 2006). Загрязнение сельскохозяйственных угодий и вызванное этим производство и потребление продукции с повышенным содержанием радионуклидов является одним из основных источников внутреннего облучения населения (Санжарова, 1997). В отдаленный период после аварии сохраняется вероятность производства сельскохозяйственной продукции с высоким уровнем загрязнения. Это обусловлено в значительной степени почвенно-геохимическими особенностями загрязненных территорий, в первую очередь, наличием в почвенном покрове дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава, для которых характерны высокие темпы миграции радионуклидов. Использование для производства кормов пашни, пастбищ и сенокосов на этих почвах является одним из критических путей с точки зрения производства продукции животноводства, не соответствующей санитарно-гигиеническим нормам (Алексахин, 1996; Белоус, 2006).

В настоящее время в нашей стране и ближнем зарубежье накоплен определенный положительный опыт применения агрохимических приемов, позволяющих снизить накопление радионуклидов в урожае на сенокосах и пастбищах, так и загрязнение получаемых кормов радионуклидами (Богдевич, 2005; Подоляк, 2007). Вместе с тем многие вопросы требуют теоретического обоснования, практического совершенствования и дальнейшей разработки, особенно в связи с аварией на Чернобыльской АЭС.

Кроме того, недостаточно изучено влияние агротехнических приемов на перераспределение радионуклидов и их миграцию по почвенному профилю и, как следствие, переход их в растения.

Мало изучены вопросы влияния сочетания различных видов минеральных удобрений и их доз на урожайность, качество получаемой продукции и степень перехода радионуклидов в кормовые многолетние травы.

В современной литературе практически не освещены вопросы влияния длительного применения минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы и характер распределения радионуклидов в почвенном профиле лугов и пастбищ. Проблема состоит в том, что необходимо изучить и разработать комплекс агрохимических и агротехнических мероприятий для конкретных почвенно-климатических условий зоны радиоактивного загрязнения, обеспечивающих получение с естественных и сеяных кормовых угодий кормов максимально высокой урожайности, хорошего качества и нормативно чистых по цезию-137.

В отдаленный период после аварии наиболее остро стоит проблема оптимизации применения защитных мероприятий, в том числе и для луговых экосистем. Одним из путей решения этой проблемы является научное обоснование оптимальных доз и сочетаний агроулучшителей. Разработка теоретических основ рационального применения агроулучшителей является одним из актуальных и перспективных направлений в исследованиях. В районах радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий положение усугубляется загрязнением радионуклидами кормов, получаемых с естественных кормовых угодий. При этом необходимо учитывать, что почвы лугопастбищных угодий загрязнены чернобыльскими выбросами сильнее, чем пахотные земли. Это создает значительные трудности в получении экологически безопасной животноводческой продукции и является причиной производства молока и мяса с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  выше установленных нормативов. Экологически безопасная продукция обуславливает снижение поступления радионуклидов в организм человека с пищевыми продуктами и уменьшение дозы внутреннего облучения населения на загрязненной территории (Пристер и др., 1989; Воробьев и др., 1993; Руководство по ведению с.-х. производства..., 1997).

В условиях радиоактивного загрязнения обширных территорий после аварии на ЧАЭС, помимо повышения урожайности за счет рационального применения удобрений и пестицидов, актуальным является получение нормативно чистой продукции по содержанию в ней радионуклидов и тяжелых металлов.

Получение высоких урожаев хорошего качества, особенно в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды невозможно без применения средств химизации при соблюдении условий оптимизации минерального питания растений. Поэтому одной из важнейших задач агрохимической науки является объективная агрохимическая оценка применения средств химизации в сельскохозяйственном производстве, в условиях техногенного загрязнения окружающей среды.

Сельскохозяйственное использование осадка сточных вод – одно из важнейших направлений их утилизации. Осадки сточных вод могут рассматриваться как органическое удобрение, содержащее большое количество основных элементов питания растений (Мерзлая, 2009). Но наличие в осадках значительных количеств тяжелых металлов и других токсикантов служит ограничивающим фактором повсеместного их использования в качестве удобрения.

Из-за опасения загрязнения почв тяжелыми металлами осадки сточных вод до настоящего времени применяются в сельском хозяйстве в крайне ограниченном количестве. Между тем, кроме осадков промышленно-бытовых сточных вод, содержание тяжелых металлов в которых обусловлено сбросами промышленных предприятий, имеются значительные объемы осадков незагрязненных или мало загрязненных тяжелыми металлами – предприятий пищевой промышленности, малых городов и поселков городского типа.

Целью многолетних исследований явилась разработка технологических приемов реабилитации радиоактивно загрязненных кормовых угодий, позволяющих получать экологически безопасные корма, и, следовательно, нормативно чистую продукцию животноводства.

# ГЛАВА 1. ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕСТА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

## *1.1. Агроклиматические условия*

Зональные почвенно-климатические особенности оказывают большое влияние на формирование урожаев культур и качество продукции. Однако погодные условия для одной и той же территории характеризуются существенными отклонениями от среднеголетних данных, что в значительной мере определяет эффективность удобрений и продуктивность культур в текущем году (Минеев, 1984).

Сельское хозяйство еще не имеет надежных долгосрочных прогнозов погоды, которые позволили бы заранее вносить необходимые удобрения с учетом ожидаемых метеорологических условий. Но наши знания о закономерных связях между эффективностью удобрений и метеорологическими факторами могут быть использованы для предотвращения или ослабления неблагоприятного влияния последних на урожай и качество продукции (Кореньков, 1999).

В экстремальных условиях, как в засуху, так и при переувлажнении снижается урожай и его качество при избыточном количестве азота, в то время как фосфор оказывает благоприятное влияние. Низкие температуры почвы и воздуха оказывают существенное влияние на действие удобрений. Отрицательное действие пониженной температуры почвы особенно сильно проявляется в начальные фазы вегетации. Усиленное фосфорное питание повышает холодоустойчивость растений (Труды ВИУА, 1985).

Эффективность удобрений определяется сложным комплексом условий: почвенным плодородием, биологическими особенностями сельскохозяйственных культур и их сортов, агротехникой, способами, сроками, количеством и качеством вносимых удобрений, климатическими и погодными условиями. Последние часто имеют решающее значение. Изменчивостью погодных условий объясняется 25 – 60% колебаний эффективности удобрений по Нечерноземной зоне и 35 – 70% по Черноземной.

Уменьшение запасов продуктивной влаги за период вегетации зерновых культур на 10 мм сказывается на снижении эффективности удобрений в среднем на 0,1 – 0,2 ц/га.

Растения в процессе создания органического вещества в конкретных погодных условиях выносят из почвы различное количество минеральных веществ. В связи с этим почва обедняется по-разному и тем сильнее, чем благоприятнее складывались условия для создания органической массы. Следовательно, после урожайных лет потребность в удобрениях должна возрасти и, наоборот, после неурожайных лет дозы удобрений могут быть несколько ниже обычных.

Новозыбковская сельскохозяйственная опытная станция ВНИИА, где проводились исследования, расположена в юго-западной части Брянской области, на Восточной окраине Полесской низменности, в зоне лесостепи.

Климат области характеризуется как умеренно-континентальный, теплый и влажный (Агроклиматический справочник по Брянской области, 1960), с достаточным количеством осадков, которые неравномерно распределяются во времени.

Воздушные массы, идущие на восток с Атлантического океана, обуславливают летом пасмурную и дождливую погоду, а зимой – значительное потепление.

Координаты станции 52°30'58" северной широты и 31°51'36" восточной долготы. Высота (поселка) над уровнем моря – 190 м. Климат умеренно-континентальный с теплым летом и умеренно-холодной зимой, с достаточным количеством осадков, которые неравномерно распределяются во времени.

Характеристика погодных условий дается на основании многолетних данных, полученных метеостанцией при Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции ВНИИА за 85 лет (1922 – 2007 гг.). Среднегодовая температура воздуха составляет +6,6<sup>0</sup>С. Самый холодный месяц – январь со средней суточной температурой воздуха -6,7<sup>0</sup>С, наиболее теплый – июль (+19,6<sup>0</sup>С). Абсолютный многолетний максимум температуры воздуха достигал +40,0<sup>0</sup>С, абсолютный минимум -36,9<sup>0</sup>С.

По наблюдениям метеопоста опытной станции, выполненным в течение последних 80 лет, изменение температуры воздуха имеет четко выраженный се-

зонный характер (Бейн и др., 1996). Зимний период длится 4 месяца: декабрь, январь, февраль, март, из них самый холодный – январь.

Весна наступает в 3-й декаде марта и характеризуется быстрым ростом температуры: от  $-1,8^{\circ}\text{C}$  в марте до  $+6,7^{\circ}\text{C}$  в апреле. В отдельные годы весна бывает затяжной, с неустойчивой температурой и несколькими волнами похолодания, вплоть до возврата заморозков.

Теплый период в среднем начинается в конце марта (29/03), с переходом среднесуточной температуры воздуха через  $+0^{\circ}\text{C}$  в сторону повышения и заканчивается 14 ноября. Общая продолжительность его составляет 229 дней. Дата начала и окончания периода с температурой выше  $+5^{\circ}\text{C}$  – 13/04 – 20/10 продолжительностью 189 дней. Сумма эффективных температур, определяющих потребность растений в тепле, в среднем составила  $1835^{\circ}\text{C}$ . Период с более высокими среднесуточными температурами выше  $+10^{\circ}\text{C}$ , начинается 1/V и заканчивается 26/IX, продолжительность – 147 дней, а суммы активных температур, которые служат показателем активной вегетации –  $2078^{\circ}\text{C}$ .

Прекращение заморозков по средним многолетним данным приходится на первую декаду мая (30/IV – 4/V). Первые осенние заморозки наблюдаются в начале октября (6/X). Общая продолжительность безморозного периода составляет 152 дня.

Таким образом, температурный фактор не является лимитирующим для выращивания большинства сельскохозяйственных культур.

Осадки в течение года выпадают неравномерно: в холодный период их бывает меньше, в теплый – больше. В среднем за год осадков выпадает 582,6 мм, за вегетационный период май – сентябрь – 316,4 мм, с максимумом в июле – 80,2 мм. Хотя за весеннее-летний период и отмечается наибольшее количество осадков, в отдельные годы растения остро испытывают их дефицит, так как дожди выпадают неравномерно. Зафиксированы случаи, когда за месяц не выпадало ни одного дождя, что при крайне низкой водоудерживающей способности почв легкого механического состава ведет к возникновению почвенной засухи, угнетению посевов и резкому снижению урожая сельскохозяй-

ственных культур. Зимой выпадает 16 – 17% осадков, высота снежного покрова достигает 16 – 20 см со значительными колебаниями по годам. Меньше всего осадков выпадает в феврале (28,8 мм), но, несмотря на это, увлажнение почвы к началу вегетации вполне достаточное, в пахотном слое около 70 мм продуктивной влаги, а в метровом – свыше 200 мм.

Для характеристики условий влагообеспеченности обычно используют гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК). Он определяется отношением количества выпавших осадков к сумме температур, уменьшенной в 10 раз (Селянинов, 1955; Грингоф, 1986):

$$\text{ГТК} = \frac{\Sigma_{\text{осадков}}}{\Sigma_{T^0_c}} : 10$$

Гидротермический коэффициент является комплексным показателем режима погоды в отдельные декады месяца, вегетационные периоды. При ГТК меньше единицы – условия засушливые, меньше 0,5 – сильно засушливые и меньше 0,4 – засуха.

Фотосинтетически активная радиация (ФАР) за вегетационный период составляет 2,5 – 3 млрд. кКал на 1 га.

Таблица 1

Среднемесячные значения температуры воздуха за годы исследований и среднемноголетние

| Годы | Месяцы<br>декады | Месяцы |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       | Средняя<br>за год |
|------|------------------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------------------|
|      |                  | I      | II    | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI    | XII   |                   |
| 1993 | I                | -7,9   | -0,7  | -6,4 | 7,0  | 16,9 | 15,5 | 16,9 | 19,7 | 12,4 | 4,4  | -1,6  | -4,4  |                   |
|      | II               | 2,4    | -5,6  | 1,6  | 3,3  | 19,1 | 17,1 | 18,0 | 17,5 | 10,3 | 7,7  | -13,0 | 0,3   |                   |
|      | III              | -2,7   | -3,0  | 4,2  | 14,1 | 15,2 | 16,2 | 18,2 | 13,7 | 8,4  | 0,8  | -11,5 | -1,2  |                   |
|      | Сред. за м-ц     | -2,7   | -3,1  | -0,1 | 8,1  | 17,0 | 16,2 | 17,7 | 16,9 | 10,4 | 4,2  | -8,7  | -1,7  | 6,2               |
| 1994 | I                | -0,1   | -9,0  | -4,1 | 8,0  | 8,6  | 16,0 | 18,5 | 24,3 | 17,2 | 10,1 | 1,6   | -2,7  |                   |
|      | II               | -1,4   | -10,9 | 0,8  | 11,5 | 17,1 | 14,6 | 23,9 | 16,4 | 18,6 | 3,7  | -2,2  | -10,1 |                   |
|      | III              | -1,7   | -4,9  | 0,7  | 12,0 | 12,2 | 18,1 | 23,6 | 16,6 | 14,9 | 5,4  | -1,1  | -5,7  |                   |
|      | Сред. за м-ц     | -1,1   | -8,5  | -0,8 | 10,5 | 12,6 | 16,2 | 21,3 | 18,6 | 16,9 | 6,4  | -0,5  | -6,2  | 7,1               |
| 1995 | I                | -5,5   | -1,2  | 7,7  | 2,8  | 9,4  | 22,4 | 20,8 | 18,4 | 16,2 | 9,0  | -0,6  | -6,4  |                   |
|      | II               | -7,1   | 1,7   | -0,8 | 8,0  | 13,8 | 22,2 | 20,3 | 19,1 | 13,5 | 9,0  | -0,3  | -5,1  |                   |
|      | III              | -3,6   | 1,6   | 2,6  | 15,0 | 20,1 | 18,7 | 24,4 | 19,9 | 10,4 | 4,9  | -4,4  | -10,6 |                   |
|      | Сред. за м-ц     | -5,3   | 0,6   | 3,2  | 8,6  | 14,6 | 21,1 | 21,1 | 19,1 | 13,4 | 7,5  | -1,8  | -7,4  | 7,9               |
| 1996 | I                | -8,6   | -13,4 | -6,3 | 4,8  | 19,2 | 20,6 | 21,4 | 18,2 | 17,2 | 9,1  | 6,8   | 1,8   |                   |
|      | II               | -8,5   | -7,9  | -3,9 | 8,8  | 21,4 | 17,2 | 20,2 | 22,1 | 9,1  | 9,1  | 5,7   | -4,1  |                   |
|      | III              | -10,3  | -2,3  | -0,7 | 15,2 | 14,9 | 18,2 | 18,4 | 19,6 | 6,4  | 4,6  | 4,3   | -18,0 |                   |
|      | Сред. за м-ц     | -9,2   | -8,0  | -3,5 | 9,6  | 18,4 | 18,7 | 19,9 | 19,9 | 10,9 | 7,5  | 5,6   | -7,1  | 6,9               |
| 1997 | I                | -11,3  | -4,5  | 2,6  | 4,3  | 14,9 | 16,2 | 21,5 | 20,5 | 12,8 | 8,9  | 2,9   | -4,4  |                   |
|      | II               | -4,3   | -4,1  | 1,0  | 3,5  | 18,0 | 19,2 | 16,7 | 17,4 | 12,9 | 6,8  | 3,4   | -12,2 |                   |
|      | III              | -4,2   | 0,8   | -1,9 | 8,6  | 12,5 | 20,9 | 21,5 | 20,9 | 6,3  | 0,6  | -0,6  | -3,1  |                   |
|      | Сред. за м-ц     | -6,6   | -2,8  | 0,5  | 5,5  | 15,1 | 18,8 | 19,9 | 19,6 | 10,7 | 5,3  | 1,9   | -6,5  | 6,8               |

Продолжение таблицы 1

|               |              |       |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |     |
|---------------|--------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-----|
| 1998          | I            | -0,8  | -5,8  | 1,4  | 3,5  | 16,3 | 23,0 | 17,3 | 20,6 | 12,2 | 4,1  | 1,7   | -10,8 |     |
|               | II           | -0,3  | -1,3  | -2,9 | 6,5  | 14,1 | 22,8 | 17,9 | 17,1 | 16,2 | 9,3  | -7,4  | -4,2  |     |
|               | III          | -6,3  | 2,3   | 0,3  | 14,6 | 14,2 | 16,2 | 23,5 | 13,7 | 12,6 | 7,0  | -12,8 | -3,8  |     |
|               | Сред. за м-ц | -2,6  | -1,9  | -0,4 | 8,2  | 14,8 | 20,7 | 19,7 | 17,0 | 13,7 | 6,6  | -6,2  | -6,2  | 7,0 |
| 1999          | I            | -2,3  | -5,9  | 1,3  | 7,8  | 9,1  | 22,4 | 26,5 | 21,5 | 18,1 | 14,4 | 1,5   | 0,8   |     |
|               | II           | -4,5  | -2,9  | -2,6 | 13,1 | 9,5  | 25,7 | 22,7 | 18,4 | 11,0 | 4,1  | -2,9  | 0,2   |     |
|               | III          | -3,5  | -2,2  | 5,7  | 14,6 | 18,7 | 24,2 | 22,1 | 16,6 | 14,7 | 3,5  | -4,8  | -4,8  |     |
|               | Сред. за м-ц | -3,4  | -3,7  | 1,6  | 11,8 | 12,6 | 24,2 | 23,7 | 18,8 | 14,6 | 7,2  | -2,1  | -1,4  | 8,7 |
| 2000          | I            | -2,9  | 0,1   | 0,3  | 7,9  | 12,4 | 19,1 | 18,7 | 19,2 | 14,5 | 12,4 | 6,9   | 1,1   |     |
|               | II           | -6,0  | -0,1  | -1,1 | 14,4 | 13,3 | 17,8 | 19,8 | 20,9 | 9,6  | 8,0  | 4,8   | 1,0   |     |
|               | III          | -8,8  | -3,6  | 2,4  | 18,4 | 18,8 | 18,5 | 19,5 | 17,8 | 11,0 | 7,3  | -2,8  | -2,7  |     |
|               | Сред. за м-ц | -6,0  | -1,1  | 0,6  | 13,6 | 15,0 | 18,5 | 19,3 | 19,3 | 11,7 | 9,2  | 2,9   | -0,2  | 8,6 |
| 2001          | I            | 0,0   | -4,4  | -0,1 | 11,3 | 16,0 | 14,6 | 23,6 | 21,2 | 14,5 | 12,0 | 4,3   | -9,7  |     |
|               | II           | -3,8  | -2,1  | 3,9  | 9,7  | 14,3 | 18,2 | 25,5 | 21,0 | 15,0 | 8,2  | -0,5  | -10,5 |     |
|               | III          | -4,2  | -6,0  | -0,1 | 13,5 | 13,0 | 19,1 | 27,7 | 17,3 | 9,3  | 2,7  | -1,8  | -6,4  |     |
|               | Сред. за м-ц | -2,6  | -4,2  | 1,2  | 11,5 | 14,4 | 17,3 | 25,6 | 19,7 | 12,9 | 7,6  | -0,7  | -8,9  | 7,8 |
| 2002          | I            | -9,9  | 2,8   | 2,7  | 3,4  | 15,7 | 18,0 | 24,7 | 21,3 | 19,4 | 5,6  | -0,9  | -9,2  |     |
|               | II           | -4,1  | 1,9   | 4,9  | 12,2 | 14,2 | 19,6 | 26,7 | 21,0 | 10,3 | 5,2  | 3,7   | -11,2 |     |
|               | III          | 1,4   | 0,0   | 5,8  | 12,3 | 18,7 | 20,9 | 23,7 | 21,7 | 9,7  | 5,2  | 1,0   | -8,4  |     |
|               | Сред. за м-ц | -4,2  | 1,6   | 4,5  | 9,3  | 16,2 | 19,5 | 25,0 | 21,3 | 13,1 | 5,3  | 1,3   | -9,6  | 8,6 |
| 2003          | I            | -11,4 | -8,8  | -4,1 | 1,3  | 15,6 | 18,3 | 20,8 | 18,8 | 10,6 | 11,8 | 4,0   | -2,3  |     |
|               | II           | -1,2  | -8,3  | 0,4  | 7,6  | 18,1 | 18,7 | 21,1 | 18,1 | 13,7 | 5,7  | -1,1  | -0,8  |     |
|               | III          | -2,4  | -5,3  | 0,0  | 9,2  | 24,2 | 23,1 | 23,7 | 16,1 | 13,5 | 1,4  | 3,1   | -2,9  |     |
|               | Сред. за м-ц | -5,0  | -7,5  | -1,2 | 6,0  | 19,3 | 20,0 | 22,0 | 17,8 | 12,6 | 6,1  | 2,0   | -2,0  | 7,5 |
| 2004          | I            | -7,8  | -1,6  | -2,5 | 4,1  | 15,4 | 16,7 | 19,2 | 22,5 | 14,6 | 9,2  | 5,2   | 0     |     |
|               | II           | -1,6  | -9,9  | 1,9  | 9,7  | 11,1 | 16,1 | 18,8 | 20,0 | 14,6 | 4,9  | 2,2   | -2,1  |     |
|               | III          | -6,4  | -3,2  | 6,6  | 10,6 | 14,3 | 19,2 | 23,9 | 20,9 | 11,9 | 9,8  | -7,3  | -1,1  |     |
|               | Сред. за м-ц | -5,3  | -5,0  | 2,1  | 8,1  | 13,6 | 17,3 | 20,7 | 21,1 | 13,7 | 8,0  | 0,0   | -1,0  | 7,8 |
| 2005          | I            | 1,9   | -10,8 | -7,2 | 9,6  | 12,0 | 17,3 | 19,7 | 21,7 | 16,8 | 12,1 | 2,6   | -1,9  |     |
|               | II           | 0,4   | -3,3  | -2,4 | 12,7 | 15,3 | 16,4 | 22,2 | 18,9 | 14,5 | 7,3  | 3,3   | -1,6  |     |
|               | III          | -7,2  | -7,5  | -1,3 | 7,8  | 23,1 | 17,9 | 22,3 | 19,0 | 14,4 | 4,2  | 0,8   | -3,7  |     |
|               | Сред. за м-ц | -1,8  | -7,2  | -3,5 | 10,1 | 17,0 | 17,2 | 21,4 | 19,8 | 15,2 | 7,8  | 2,2   | -2,4  | 8,0 |
| 2006          | I            | -4,3  | -14,0 | -6,0 | 5,9  | 14,5 | 16,2 | 22,6 | 19,8 | 15,6 | 13,1 | -0,2  | 3,2   |     |
|               | II           | -9,9  | -9,0  | -0,6 | 8,7  | 14,0 | 18,3 | 21,5 | 20,8 | 13,6 | 5,3  | 1,2   | 2,3   |     |
|               | III          | -11,7 | -2,8  | -0,2 | 10,2 | 14,2 | 23,2 | 19,5 | 16,9 | 15,2 | 7,7  | 4,0   | -0,7  |     |
|               | Сред. за м-ц | -8,5  | -9,0  | -2,2 | 8,3  | 14,2 | 19,2 | 21,2 | 19,1 | 14,8 | 8,6  | 1,7   | 1,5   | 7,4 |
| 2007          | I            | 2,7   | -6,1  | 1,8  | 5,7  | 8,2  | 19,8 | 18,2 | 20,5 | 15,4 | 11,0 | 0,6   | 0,2   |     |
|               | II           | 3,2   | -6,2  | 5,4  | 7,8  | 19,5 | 22,3 | 21,5 | 22,4 | 12,2 | 6,7  | -2,3  | -1,7  |     |
|               | III          | -5,2  | -11,5 | 9,3  | 9,0  | 25,8 | 18,5 | 19,9 | 21,3 | 13,8 | 7,2  | -1,1  | -1,8  |     |
|               | Сред. за м-ц | 0,1   | -7,7  | 5,6  | 7,5  | 18,1 | 20,2 | 19,9 | 21,4 | 13,8 | 8,3  | -0,9  | -1,1  | 6,7 |
| Среднегодовья |              | -6,5  | -5,8  | -1,7 | 6,9  | 14,5 | 18,1 | 19,6 | 18,3 | 12,9 | 6,5  | 0,4   | -4,1  | 6,6 |

Таблица 2

Распределение осадков по декадам и месяцам за годы исследований и среднемноголетние

| Годы | Месяцы<br>декады | I    | II   | III  | IV   | V     | VI   | VII   | VIII | IX    | X    | XI   | XII  | Сред-<br>няя<br>за год |
|------|------------------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|------------------------|
|      |                  |      |      |      |      |       |      |       |      |       |      |      |      |                        |
| 1993 | I                | 10,8 | 9,0  | 2,2  | 35,5 | 31,0  | 25,9 | 19,1  | 0,9  | 83,6  | 0,8  | 15,8 | 17,0 |                        |
|      | II               | 7,5  | 2,3  | 14,5 | 17,9 | 1,4   | 2,4  | 44,8  | 32,8 | 20,0  | 30,3 | 0,4  | 33,4 |                        |
|      | III              | 32,2 | 15,8 | 12,9 | 1,4  | 9,    | 68,0 | 96,3  | 3,1  | 7,6   | 24,8 | 0,0  | 15,6 |                        |
|      | за м-ц           | 50,5 | 27,1 | 29,6 | 54,8 | 42,1  | 96,3 | 160,2 | 36,8 | 112,2 | 55,9 | 16,2 | 66,0 | 747,4                  |
| 1994 | I                | 16,5 | 10,4 | 9,7  | 9,2  | 46,6  | 39,3 | 4,1   | 7,2  | 3,3   | 21,5 | 6,8  | 13,4 |                        |
|      | II               | 21,4 | 2,0  | 35,1 | 14,0 | 14,8  | 21,8 | 22,4  | 53,6 | 19,8  | 16,4 | 22,8 | 17,4 |                        |
|      | III              | 18,8 | 14,2 | 22,7 | 19,1 | 32,2  | 1,7  | 17,2  | 20,9 | 13,6  | 23,2 | 24,1 | 23,3 |                        |
|      | за м-ц           | 56,7 | 26,6 | 67,5 | 42,3 | 93,6  | 62,8 | 43,7  | 80,7 | 36,7  | 61,1 | 53,5 | 54,1 | 679,3                  |
| 1995 | I                | 15,8 | 16,6 | 3,4  | 21,9 | 18,8  | 3,4  | 2,3   | 50,9 | 85,2  | 8,4  | 19,4 | 0,8  |                        |
|      | II               | 11,0 | 12,1 | 4,5  | 38,2 | 17,7  | 30,4 | 6,6   | 3,2  | 7,3   | 4,8  | 13,7 | 6,4  |                        |
|      | III              | 21,0 | 23,7 | 7,3  | 8,0  | 71,4  | 8,1  | 0,8   | 21,8 | 44,9  | 1,6  | 0,8  | 13,1 |                        |
|      | за м-ц           | 47,8 | 52,4 | 15,2 | 68,1 | 107,9 | 41,9 | 9,7   | 75,9 | 137,4 | 14,8 | 33,9 | 20,3 | 625,3                  |
| 1996 | I                | 1,0  | 3,3  | 16,4 | 5,9  | 10,8  | -    | 42,7  | 45,3 | 28,3  | 4,6  | 34,1 | 10,7 |                        |
|      | II               | 0,4  | 9,0  | 0,0  | 1,2  | 15,5  | 39,0 | 11,5  | 0,0  | 76,8  | 4,7  | 1,0  | 29,1 |                        |
|      | III              | 12,4 | 14,2 | 16,1 | 5,4  | 64,1  | 7,0  | 7,0   | 7,1  | 2,5   | 16,9 | 39,1 | 8,0  |                        |
|      | за м-ц           | 13,8 | 26,5 | 32,5 | 12,5 | 90,4  | 46,0 | 61,2  | 52,4 | 107,6 | 26,2 | 74,2 | 47,8 | 591,1                  |

Продолжение таблицы 2

|                   |        |       |      |      |      |      |       |       |       |       |       |      |      |       |
|-------------------|--------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 1997              | I      | 2,9   | 5,7  | 9,6  | 10,9 | 8,4  | 41,7  | 59,2  | 24,6  | 36,8  | 39,4  | 5,2  | 23,8 |       |
|                   | II     | 2,3   | 7,4  | 16,3 | 52,6 | 7,2  | 16,7  | 9,9   | 0,0   | 19,7  | 17,6  | 18,7 | 10,2 |       |
|                   | III    | 12,9  | 15,8 | 13,8 | 6,7  | 37,1 | 5,5   | 7,1   | 13,7  | 15,1  | 5,7   | 8,6  | 6,9  |       |
|                   | за м-ц | 18,1  | 28,9 | 39,7 | 70,2 | 52,7 | 63,9  | 76,2  | 38,3  | 71,6  | 62,7  | 32,5 | 40,9 | 596,6 |
| 1998              | I      | 19,7  | 14,0 | 31,8 | 41,2 | 16,4 | 20,0  | 42,6  | 28,8  | 1,2   | 24,1  | 30,5 | 4,1  |       |
|                   | II     | 19,3  | 22,2 | 42,6 | 56,8 | 14,3 | 30,9  | 78,7  | 1,8   | 22,1  | 28,0  | 25,8 | 13,1 |       |
|                   | III    | 11,0  | 0,3  | 0,0  | 0,0  | 31,2 | 7,9   | 8,9   | 54,4  | 31,5  | 20,5  | 0,8  | 4,3  |       |
|                   | за м-ц | 50,0  | 36,5 | 74,4 | 98,0 | 61,9 | 58,8  | 130,2 | 85,0  | 54,8  | 72,6  | 57,1 | 21,5 | 800,8 |
| 1999              | I      | 7,7   | 28,4 | 1,6  | 5,3  | 8,6  | 0,0   | 4,3   | 1,2   | -     | 39,7  | 0,6  | 25,1 |       |
|                   | II     | 12,2  | 17,3 | 20,6 | 17,4 | 65,7 | 2,5   | 29,2  | 69,5  | -     | 23,2  | 26,2 | 12,4 |       |
|                   | III    | 7,4   | 9,1  | 3,8  | 2,7  | 4,5  | 36,2  | 8,3   | 18,5  | 89,5  | 29,3  | 12,3 | 38,9 |       |
|                   | за м-ц | 27,3  | 54,8 | 26,0 | 25,4 | 78,8 | 38,7  | 41,8  | 89,2  | 89,5  | 92,2  | 39,1 | 76,4 | 679,2 |
| 2000              | I      | 5,0   | 24,5 | 25,1 | 29,9 | 0,0  | 2,2   | 128,1 | 21,3  | 36,6  | 0,0   | 3,5  | 25,0 |       |
|                   | II     | 14,7  | 17,1 | 15,3 | 8,8  | 3,2  | 12,1  | 29,2  | 3,3   | 26,5  | 0,0   | 1,4  | 22,1 |       |
|                   | III    | 22,8  | 6,7  | 10,4 | 4,7  | 39,9 | 5,1   | 58,6  | 3,4   | 2,3   | 5,3   | 3,2  | 26,6 |       |
|                   | за м-ц | 42,5  | 48,3 | 50,8 | 43,4 | 43,1 | 19,4  | 215,9 | 28,0  | 65,4  | 5,3   | 8,1  | 73,7 | 643,9 |
| 2001              | I      | 17,0  | 36,8 | 25,2 | 0,0  | 4,2  | 57,6  | 40,7  | 21,6  | 30,3  | 19,9  | 26,2 | 1,6  |       |
|                   | II     | 7,1   | 10,6 | 10,3 | 12,0 | 44,3 | 14,2  | 4,9   | 35,5  | 7,6   | 32,5  | 15,2 | 16,2 |       |
|                   | III    | 27,3  | 23,4 | 7,7  | 22,5 | 18,0 | 73,3  | 56,1  | 23,2  | 1,6   | 6,9   | 40,5 | 24,4 |       |
|                   | за м-ц | 51,4  | 70,8 | 43,2 | 34,5 | 66,5 | 145,0 | 101,7 | 80,3  | 39,5  | 59,3  | 81,9 | 42,2 | 816,3 |
| 2002              | I      | 5,3   | 15,9 | 10,9 | 10,9 | 8,9  | 10,5  | 0,0   | 43,3  | 0,2   | 49,0  | 13,4 | 0,0  |       |
|                   | II     | -     | 19,2 | 0,0  | 2,6  | 14,8 | 12,5  | 2,2   | 27,9  | 26,6  | 22,5  | 6,6  | 7,1  |       |
|                   | III    | 25,9  | 19,3 | 5,5  | 12,7 | 42,4 | 18,7  | 22,7  | 0,8   | 42,5  | 46,2  | 15,3 | 4,7  |       |
|                   | за м-ц | 31,2  | 54,4 | 16,4 | 26,2 | 66,1 | 41,7  | 24,9  | 72,0  | 69,3  | 117,7 | 35,3 | 11,8 | 567,0 |
| 2003              | I      | 13,8  | 11,2 | 2,2  | 20,9 | 9,0  | 0,4   | 46,1  | 68,4  | 31,9  | 59,9  | 6,8  | 22,3 |       |
|                   | II     | 4,8   | 8,4  | 20,5 | 2,3  | 11,2 | 5,6   | 23,3  | 39,4  | 7,5   | 12,6  | 18,0 | 20,9 |       |
|                   | III    | 7,3   | 0,0  | 2,5  | 11,9 | 2,0  | 31,0  | 30,6  | 22,5  | 0,1   | 26,8  | 0,3  | 0,0  |       |
|                   | за м-ц | 25,9  | 19,6 | 25,2 | 35,1 | 22,2 | 37,0  | 100,0 | 130,3 | 39,5  | 99,3  | 25,1 | 43,2 | 602,4 |
| 2004              | I      | 21,4  | 34,8 | 7,6  | 22,5 | 16,1 | 2,4   | 14,4  | 1,7   | 9,8   | 8,2   | -    | 9,1  |       |
|                   | II     | 51,4  | 17,4 | 11,6 | 0,8  | 16,7 | 25,5  | 54,7  | 17,5  | 2,6   | 6,1   | 45,7 | 7,5  |       |
|                   | III    | 32,3  | 9,9  | 22,0 | 34,8 | 15,3 | 22,8  | 43,3  | 14,5  | 12,5  | 8,6   | 16,9 | 19,7 |       |
|                   | за м-ц | 105,1 | 62,1 | 41,2 | 58,1 | 48,1 | 50,7  | 112,4 | 33,7  | 24,9  | 22,9  | 62,6 | 36,3 | 658,1 |
| 2005              | I      | 9,2   | 4,6  | 13,5 | 0,0  | 40,6 | 38,4  | 15,2  | 125,5 | 0,0   | -     | 0,5  | 18,4 |       |
|                   | II     | 10,8  | 32,4 | 23,3 | 0,7  | 14,3 | 142,0 | 5,8   | 0,6   | 12,4  | 31,3  | 15,3 | 17,3 |       |
|                   | III    | 30,0  | 2,8  | 0,9  | 32,2 | 6,8  | 20,3  | 3,0   | 2,0   | -     | 19,9  | 35,6 | 11,5 |       |
|                   | за м-ц | 50,0  | 39,8 | 37,7 | 32,9 | 61,7 | 200,7 | 24,0  | 128,1 | 12,4  | 51,2  | 51,4 | 47,2 | 737,1 |
| 2006              | I      | 3,7   | 7,7  | 18,9 | 10,9 | 9,3  | 25,3  | 3,2   | 55,2  | 25,7  | 34,2  | 12,5 | -    |       |
|                   | II     | 5,4   | 8,6  | 15,4 | 12,2 | 13,6 | 30,2  | 44,5  | 12,1  | 0,0   | 6,9   | 12,7 | 4,2  |       |
|                   | III    | 7,1   | 10,8 | 36,5 | 2,3  | 37,9 | 30,3  | 31,2  | 93,6  | 24,5  | 30,7  | 4,1  | 7,4  |       |
|                   | за м-ц | 16,2  | 27,1 | 70,8 | 25,4 | 60,8 | 85,8  | 28,9  | 161,2 | 50,2  | 71,8  | 29,3 | 11,6 | 689,1 |
| 2007              | I      | 13,6  | 27,1 | 14,9 | 0,6  | 30,5 | 18,0  | 39,1  | 4,6   | 82,8  | 24,3  | 11,9 | 21,2 |       |
|                   | II     | 29,7  | 11,9 | 4,1  | 2,8  | 16,2 | 60,2  | 54,3  | 12,9  | 25,7  | 18,7  | 38,3 | 4,0  |       |
|                   | III    | 20,1  | 5,3  | -    | 10,9 | 2,4  | 12,0  | 70,7  | 0,0   | 11,0  | -     | 20,2 | 0,0  |       |
|                   | за м-ц | 63,4  | 44,3 | 19,0 | 14,3 | 49,1 | 90,2  | 164,1 | 17,5  | 119,5 | 43,0  | 70,4 | 25,2 | 720,0 |
| Среднемноголетняя |        | 33,0  | 28,8 | 31,6 | 39,4 | 54,9 | 71,5  | 80,2  | 69,8  | 40,0  | 45,7  | 47,3 | 40,4 | 582,6 |



Основным фактором, лимитирующим урожайность, на территории опытной станции является влагообеспеченность посевов. За период вегетации в среднем выпадает от 380 мм осадков с колебаниями по годам от 180 до 560 мм. Но неравномерность выпадения осадков и очень слабая водоудерживающая способность песчаных и супесчаных почв, преобладающая в регионе, резко снижают эффективность удобрений и всех других агротехнических и иных мероприятий и, следовательно, продуктивность посевов сельскохозяйственных культур.

Анализируя погодные условия за годы исследований, можно с уверенностью сказать, что среднегодовая температура воздуха повысилась на  $1,0^{\circ}\text{C}$ , по сравнению со среднемноголетними данными. Среднемесячные температуры воздуха повысились в основном на  $0,6 - 3,0^{\circ}\text{C}$ . Особенно теплыми стали февраль, март, апрель, июль, а вот ноябрь и декабрь оказались холоднее обычного (с  $0,4^{\circ}\text{C}$  до  $-0,8^{\circ}\text{C}$  и с  $-4,1^{\circ}\text{C}$  до  $-5,5^{\circ}\text{C}$ ).

Причем среднегодовая температура воздуха в 1999-2000, 2002 годах превысила норму на  $2,0 - 2,1^{\circ}\text{C}$  и только 1993 год по своему температурному режиму оказался холоднее обычного на  $0,4^{\circ}\text{C}$ , в основном за счет пониженных температур в летне-осенний период.

В остальные годы исследований температура воздуха превышала норму не намного (на  $0,3 - 1,3^{\circ}\text{C}$ ). В период вегетации очень холодным был май 1999 года ( $12,6^{\circ}\text{C}$  при норме  $14,5^{\circ}\text{C}$ ), но за счет летних месяцев (июнь-июль, среднемесячная температура воздуха составила  $24,2 - 23,7^{\circ}\text{C}$ ) среднегодовая температура оказалась выше нормы. Самым жарким месяцем были июль 2001 и 2002 годов (среднемесячная температура воздуха  $25,6$  и  $25,0^{\circ}\text{C}$  при норме  $19,6^{\circ}\text{C}$ ).

За годы исследований (1993 – 2007 гг.) осадки в течение года выпадали неравномерно: в холодный период их меньше, в теплый – больше со среднегодовым количеством  $582,6$  мм, а за вегетационный период –  $326,4$  мм (табл. 2). Самый влажный месяц – июль ( $80,2$  мм), меньше всего осадков выпадало в феврале ( $28,8$  мм).

Несмотря на общее увеличение количества осадков (в среднем за 40 лет на  $58$  мм) засухи стали повторяться чаще с большей интенсивностью. По значению ГТК наиболее засушливыми оказались 2002, 2003, 2007 годы (табл. 3).

Сумма осадков в среднем за годы исследований превысила норму и составила 674,7 мм (среднегодовое – 582,6 мм).

В 1996-1997 и 2002 годах осадков выпало в пределах нормы или чуть меньше (2002 г. – 567,0 мм) с дефицитом в июне и июле (41,7 и 24,9 мм). Самыми влажными оказались 1998 и 2001 годы (среднегодовое количество осадков составило 800,8 и 816,3 мм). По количеству выпавших осадков 1995, 1999, 2000 годы считаются умеренными. Хотя в летние периоды наблюдались критические моменты для роста и развития сельскохозяйственных культур (май-июнь 1999 и 2000 годов). В 1999 году за III декаду мая выпало 4,5 мм осадков, в июне за I и II декады – 0,0 и 2,5 мм.

В 2000 году за I и II декады мая количество осадков составило всего 3,2 мм, а за весь июнь – 19,4 мм, при этом среднедекадные температуры воздуха превышали норму на 5 – 6<sup>0</sup>С.

Наиболее благоприятные условия вегетации были в 1998 году, средние в 2000, 2001 годах, плохими были в 1995-1997 годы, и особенно неблагоприятным был летний период 1999 и 2002 годов.

## ***1.2. Современное состояние лугового кормопроизводства***

Особенности России таковы, что кормовые экосистемы (пастбища и сенокосы, многолетние травы на пашне) занимают значительные площади и играют важнейшую роль не только в кормопроизводстве, но и в рациональном природопользовании. Являясь одним из основных компонентов биосферы, они выполняют важнейшие продукционные, средостабилизирующие и природоохранные функции в агроландшафтах и оказывают значительное влияние на экологическое состояние территории страны. Кормовые экосистемы способствуют сохранению и накоплению органического вещества в биосфере (Косолапов и др., 2009).

Природные и сеяные луга дают дешевый и полноценный корм. Повышая продуктивность этих угодий, можно постепенно освобождать часть пашни, за-

нятой кормовыми культурами для расширения посевов зерновых и других полевых культур.

В Нечерноземной зоне России природные кормовые угодья имеют важное значение в обеспечении скота пастбищными и стойловыми кормами. В настоящее время они дают 1/3 всех кормов, 2/3 производится на пахотных землях, для чего ежегодно занимают более 30% пашни (Державин и др., 2002).

Не лучше обстоит дело и в Нечерноземье других регионов. Это положение нельзя признать нормальным и его надо исправить, поднять продуктивность лугов в ближайшие 10 – 15 лет в 2 – 3 раза и таким образом создать прочную кормовую базу для повышения продуктивности животноводства во всех хозяйствах Нечерноземья нашей страны (Кутузова и др., 2000).

Анализ состояния кормовой базы страны и ограниченность энергоресурсов показывают, что основное направление развития кормовой базы целесообразно начинать с повышения продуктивности природных кормовых угодий, корма которых являются самыми дешевыми, а технологии их выращивания самыми низкзатратными (Подоляк и др., 2004; Соколов, 2006).

Естественные кормовые угодья, являясь важнейшим источником кормов для животноводства, как в летний, так и в зимний периоды, обеспечивают животных витаминизированными зелеными и грубыми кормами (Синицын, 1981; Крылова, 1990; Романенко и др., 1999). В структуре рациона кормления крупного рогатого скота на долю зеленых кормов приходится 32% от общего их количества (в том числе 32% на пастбищные), на сено и сенаж – 26%, то есть на продукцию сенокосов и пастбищ приходится 58% кормов (Алтунин, 1980; Кулаков, 1997).

В валовом производстве кормов за счет многолетних трав в среднем по Российской Федерации заготавливается до 50%, при этом преимущество сохраняется за многолетними травами, укосные площади которых за последние годы составляют 17 – 18 млн. га. Только в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ сенокосы и пастбища занимают более 7 млн. га (Андреев, 1984), что составляет около 37% всех сельскохозяйственных угодий. В Брянской области на долю сенокосов и пастбищ приходится 546,2 тыс. га (Воробьев, 1993).

## Распределение сенокосов и пастбищ Брянской области по почвенным разностям

| Почвы                         | Сенокосы |      | Пастбища |      |
|-------------------------------|----------|------|----------|------|
|                               | тыс. га  | %    | тыс. га  | %    |
| Дерново-подзолистые           | 17,2     | 6,8  | 3,1      | 1,1  |
| Дерново-подзолистые глееватые | 35,4     | 14,0 | 56,1     | 19,2 |
| Дерново-подзолистые глеевые   | 25,6     | 10,1 | 27,1     | 9,3  |
| Серые лесные                  | 3,0      | 1,2  | 15,4     | 5,3  |
| Серые лесные оглеенные        | 3,0      | 1,2  | 4,2      | 1,4  |
| Дерново-карбонатные           | 0,4      | 0,2  | 0,7      | 0,2  |
| Дерново-глеевые               | 10,1     | 4,0  | 7,3      | 2,5  |
| Пойменные дерновые            | 4,3      | 1,7  | 3,7      | 1,3  |
| Пойменные дерновые оглеенные  | 67,6     | 26,8 | 38,6     | 13,2 |
| Пойменные иловато-торфяные    | 37,7     | 14,9 | 20,6     | 7,0  |
| Торфо-глеевые                 | 19,3     | 7,6  | 9,2      | 3,1  |
| Торфяные                      | 14,1     | 5,6  | 7,3      | 2,5  |
| Почвы овражно-балковые        | 11,5     | 4,6  | 34,0     | 11,6 |
| Другие почвы                  | 3,4      | 1,3  | 5,2      | 1,8  |
| Всего                         | 252,6    | 100  | 292,5    | 100  |

В области сенокосы расположены в основном на пойменных дерново-оглеенных почвах – 67,6 тыс. га, пойменных илово-торфяных – 37,7 тыс. га, дерново-подзолистых глееватых – 35,4 тыс. га, дерново-подзолистых глеевых – 26,5 тыс. га, торфо-глеевых – 19,3 тыс. га и дерново-подзолистых – 17,2 тыс. га. Доля остальных почв под сенокосами незначительна (Воробьев, 1993).

Пастбища в области расположены в основном на следующих почвенных разностях: дерново-подзолистые почвы – 63,1 тыс. га, дерново-подзолистые глееватые – 56,1 тыс. га, пойменные дерновые оглеенные – 38,6 тыс. га, дерново-подзолистые глеевые – 27,1 тыс. га, овражно-балочные – 3,4 тыс. га (Воробьев, 1993).

В перспективе годовая потребность в сене для животноводства Брянской области оценивается в 952, 3 тыс. тонн, в зеленых кормах – 4410,5 тыс. тонн, в пастбищных кормах – 3333,0 тыс. тонн, в переваримом протеине – 429,0 тыс. тонн, что обеспечивает средний удой на корову 3300 кг в год (Комплексная программа развития кормов Брянская обл., 1994).

Однако без определенной системы мероприятий по улучшению природ-

ных кормовых угодий их продуктивность в большинстве случаев остается очень низкой, не превышает уровня 8,4 ц к.е. с 1 га, что в 2,1 – 2,4 раза ниже уровня продуктивности пашни (Максимов, 1991; Бунаев, 1993).

В районах радиоактивного загрязнения местности положение усугубляется загрязнением кормов радионуклидами (Белоус и др., 2006; Маркина и др., 2006).

### ***1.3. Характеристика основных типов почв лугов и пастбищ***

Сенокосы и пастбища в Брянской области занимают 546,2 тыс. га и неравномерно распределены по почвенным разностям.

***Дерново-подзолистые почвы*** подразделяются на слабо-, средне- и сильноподзолистые. Они формируются на хорошо дренированных участках на различных почвообразующих породах. В пределах области встречаются песчаные (1,7 тыс. га сенокосов и 6,7 тыс. га пастбищ), супесчаные (соответственно 7,2 и 32 тыс. га), легкосуглинистые (соответственно 7,6 и 30,2 тыс. га).

Отличительные особенности дерново-подзолистых почв – маломощный гумусовый горизонт, наличие подзолистого горизонта разной мощности в зависимости от степени оподзоленности.

Подзолистые почвы легкого гранулометрического состава содержат мало гумуса, фосфора, калия, магния, имеют кислую реакцию, высокую гидролитическую кислотность, низкую емкость поглощения и буферность, слабую вододерживающую способность.

С изменением гранулометрического состава от песков к легким суглинкам свойства почвы несколько улучшаются за счет увеличения содержания илистой и глинистой фракций. Естественное плодородие таких почв низкое, и без применения удобрений и других мелиорантов на них невозможно получать высокие урожаи трав.

***Пойменные дерновые оглеенные почвы*** занимают 55,1% от площадей всех пойменных земель Брянской области и 20% - от естественных кормовых угодий. Представлены в основном легкосуглинистыми разновидностями (52,3 тыс. га сенокосов и 29 тыс. га пастбищ) и супесчаными (соответственно 13,3 тыс. га и 8,8

тыс. га). Доля песчаных разновидностей почв незначительна. Занимая среднее положение в пойме, они постоянно испытывают влияние грунтовых вод.

Характерные особенности этих почв – довольно высокое содержание гумуса (3,5 – 5,6%), близкая к нейтральной реакция среды, высокие емкость поглощения и степень насыщенности основаниями, низкое содержание фосфора и калия (1,2 – 5 и 3,4 – 7 мг на 100 г почвы соответственно). Для получения высоких урожаев трав на этих почвах требуется проведение культуртехнических мероприятий.

*Дерново-подзолистые оглеенные почвы (глееватые и глеевые)* относятся к болотно-подзолисто-му типу и формируются в понижениях рельефа со слабым дренажом и поступлением вод с сопредельных территорий (поверхностный и смешанный типы увлажнения). Процессы оглеения сильнее выражены при более тяжелом гранулометрическом составе, поэтому оглеенные почвы представлены в основном супесями и легкими суглинками. Так, на долю глеевых супесчаных почв приходится 12 тыс. га сенокосов и 18 тыс. га пастбищ, глееватых супесчаных – 21,3 и 34,1 тыс. га соответственно.

Дерново-подзолистые глеевые почвы также в основном имеют легкосуглинистый гранулометрический состав (19,9 тыс. га сенокосов и 22 тыс. га пастбищ), супесчаных почв значительно меньше (5,9 тыс. га и 4,1 тыс. га соответственно). Доля песчаных по гранулометрическому составу почв данного типа незначительна и не превышает 0,7 тыс. га.

Оглеенные почвы имеют гумусовый горизонт мощностью 18 – 20 см с содержанием гумуса от 0,8 до 2,9%, рН – 4,5 -5, низкое содержание  $P_2O_5$  и  $K_2O$ . Для получения высоких урожаев трав на таких почвах требуются существенные материальные затраты.

*Пойменные иловато-торфяные почвы* на сенокосах занимают 37,7 тыс. га, на пастбищах – 20,6 тыс. га. Они сосредоточены в основном в притеррасных частях пойм в условиях избыточного увлажнения с ежегодным пополнением аллювиальных отложений как в период паводка, так и ливней. Мощность перегнойного горизонта составляет 50 см и более с содержанием гумуса до 18 – 24% при нейтральной реакции почвы.

Для получения высоких урожаев трав почвы этого типа требуют проведения гидромелиоративных и культуртехнических работ.

## ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛУГОВ

В сельском хозяйстве России 18145 тыс. га сенокосов и 54434 тыс. га пастбищ. В основном это естественные кормовые угодья, на которых урожайность трав невысокая (Державин и др., 2002).

Луговые угодья в нашей стране характеризуются очень низкой продуктивностью, составляющей 4,62 ц корм. ед. с 1 га сенокосов и 2,97 ц/га пастбищ (Романенко, Тютюнников, 1997).

Основной путь повышения продуктивности естественных кормовых угодий – создание сеяных высокоурожайных сенокосов и пастбищ. В то же время значительные площади могут быть улучшены путем применения комплекса мероприятий поверхностного улучшения: подкормкой удобрениями, уничтожением сорняков, местами подсевом трав с обязательной организацией правильного использования. Для улучшения в первую очередь следует выделять такие площади, травостои которых по ботаническому составу наиболее отзывчивы на уход и правильное использование.

Естественные сенокосы и пастбища по экономическим районам Нечерноземной зоны распределены неравномерно. В Северо-Западном районе они занимают около 52% всех сельскохозяйственных угодий, в Центральном – 30,5%, в Волго-Вятском – 25% (Чирков, 1995).

Состояние и урожайность данных типов сенокосов и пастбищ такова, что они не обеспечивают животных в достаточном количестве ни сеном, ни пастбищным кормом (Панферов, Васильев, 1986; Суков, 1995; Кутузова и др., 2009).

Однако без определенной системы мероприятий по улучшению природных кормовых угодий их продуктивность в большинстве случаев остается очень низкой, не превышает уровня 8,4 ц к.е. с 1 га, что в 2,1 – 2,4 раза ниже уровня продуктивности пашни (Афанасьев, 1987; Бунаев, 1993; Державин и др., 2002).

Одним из условий увеличения производства кормов на естественных кормовых угодьях является систематическое внесение минеральных удобрений и улучшение водного режима, поскольку постоянно текущий процесс деграда-

ции плодородия почв и растительности сенокосов и пастбищ не обеспечивает высокий уровень продуктивности таких угодий (Сычев, 2002, 2003; Солодовников и др., 2006). По данным ВНИИ кормов (Кутузова, Трофимова, 1998), ежегодный вынос азота, фосфора и калия с урожаем трав за счет минеральных удобрений покрывается только лишь на 15 – 17%.

Внесение удобрений – один из самых эффективных и наиболее доступных приемов улучшения сенокосов и пастбищ, позволяющее повысить их урожайность в 3 – 5 раз и более и значительно улучшить качество корма. В настоящее время при слабом ресурсном обеспечении сельского хозяйства особенно актуально применение удобрений, как одного из самых эффективных энерго- и ресурсосберегающих приемов производства дешевых и высокопитательных объемистых кормов.

Применение минеральных удобрений на лугах, несмотря на возросшие цены, экономически оправдано: затраты на внесение азотных удобрений окупаются при получении 15 – 20 кормовых единиц на 1 кг азота стоимостью прибавки урожая в 5 – 9 раз, фосфорно-калийной смеси – при прибавке 8 – 12 кормовых единиц на 1 кг д.в. – в 3 – 4 раза ((Косолапов и др., 2009).

Многолетние опыты Геосети с удобрениями свидетельствуют о том, что на лугах и пастбищах при соблюдении элементарных правил агротехники удобрения приносят самый высокий эффект, значительно более высокий, чем на пашне.

Современный уровень химизации лугопастбищного хозяйства представляет собой острую экономическую проблему страны. Действительно, потребность животноводства в кормах из года в год покрывается не более чем на 70 – 75%, а недостаток белка составляет 5 млн. тонн. Из произведенных кормов около 2/3 получают на пашне, отводя под кормовые культуры 66 – 68 млн. га. В то же время продуктивность природных сенокосов и пастбищ находится на минимальном уровне 3 – 4 ц кормовых единиц с 1 га и имеет тенденцию даже к снижению из-за возрастающей нагрузки скота на пастбище, бессистемного ухода и использования. Мелиоративное улучшение природных кормовых угодий, не

подкрепленное разумной химизацией, оборачивается многомиллиардными убытками, так как средства, вложенные в мелиорацию при отсутствии удобрений мелиорированных сенокосов и пастбищ не окупаются приростом производства кормов (Расширенное воспроизводство ..., 1993).

В системе агротехнических мер по повышению плодородия почвы, поддержанию высокопродуктивного долголетия естественных травостоев, первоочередная роль отводится длительному применению минеральных удобрений в оптимальных дозах и соотношениях. С учетом многолетней динамики содержания доступных форм фосфора и калия в почве, вносимых различных доз азотных удобрений в составе NPK можно установить оптимальное насыщение почв этими элементами, обеспечивающее поддержание данных параметров по урожайности трав, а также направленного воздействия на изменение фитоценоза и качества корма (Панферов, Васильев, 2003).

Результаты многолетних исследований показывают, что главным условием повышения урожайности и продления сроков использования сенокосов и пастбищ, обеспечения устойчивости луговых трав к неблагоприятным погодным условиям и снижения поступления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в условиях радиоактивного загрязнения является научно обоснованное применение минеральных удобрений (Подольяк и др., 2006).

Луговые травы нуждаются в повышенных количествах элементов минерального питания (азот, фосфор, калий), что связано с продолжительностью вегетационного периода (150 – 180 дней) и многократным использованием травостоя (2-3-х укосное скашивание или 4-5-ти кратное стравливание). По потребности в питательных веществах луговые травы близки к таким культурам, как овощные и силосные, поскольку с 10 ц основной продукции (сено) отчуждается в среднем около 15-20 кг азота, 5- 6 кг  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 20 – 25 кг и более  $\text{K}_2\text{O}$  (Подольяк и др. 2006).

Эффективность применения удобрений на кормовых угодьях определяется многими факторами: во-первых, составом травостоя, способом его использования (сенокосный или пастбищный), числом укосов и стравливаний, но в основном зависит от правильно установленной для внесения величины доз азота,

фосфора и калия, особенно на землях с высокой плотностью загрязнения радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Научно обоснованные дозы удобрений должны обеспечивать получение высокого урожая хорошего качества при сохранении и повышении достигнутого уровня плодородия почв и не представлять опасности для окружающей среды (Богдевич, 2006; Подоляк, 2006).

Многолетние травы остаются основным видом грубых кормов в животноводстве региона.

Многолетние травы влияют на агромелиоративное состояние почв. Общеизвестно, что травы способствуют уменьшению плотности сложения и увеличению порозности корнеобитаемого слоя, что очень важно для почв с повышенной кислотностью, которые обладают рядом негативных агрофизических и гидротермических свойств.

Без применения минеральных удобрений в зоне распространения кислых почв не представляется возможным получение высоких и качественных урожаев многолетних трав и травосмесей и, естественно, положительного влияния залужения на плодородие почв.

За счет применения удобрений существенно увеличивается выход с гектара кормовых и кормопротеиновых единиц. И в этом случае наибольший вклад вносят азотные удобрения (Трубников, 2006).

В конкретных условиях современного периода наибольший интерес и практическое значение имеет эффективное плодородие, основу которого составляет содержание в почве доступных питательных веществ и влаги (Белоус, 2000; Сычев, 2003; Белоус и др., 2005). Эффективное плодородие – это результат воздействия человека на почву в ходе общественного прогресса.

Продуктивность естественных сенокосов и пастбищ, особенно суходольных, низка (Панферов, Васильев, 1986; Чирков, 1995).

Агрохимическое обследование почв луговых угодий показало, что как мелиорируемые, так и почвы выродившихся лугов бедны основными питательными веществами (Расширенное воспроизводство ..., 1993).

Без применения удобрений, проведения окультуривания (Щербаков и др.,

1998; Кутузова, 2000) невозможно получить высокие урожаи зеленой массы и сена хорошего качества. Так, по данным Д.А.Алтунина (1980), на аллювиальной дерновой слабокислой почве без удобрений получено всего 16,4 – 19,2 ц/га сена, 93,7 ц/га зеленой массы трав за второй укос (Белоус и др., 2000).

По данным В.А. Кулакова (2005), урожайность неудобряемого пастбища в среднем за 1976 – 2004 гг. составила 20,3 ц/га сухого вещества.

Обобщение результатов 218 полевых опытов (Тарковский, 1980) позволяет определить основные закономерности в действии удобрений на сенокосах и пастбищах Нечерноземной зоны.

Конкретные дозы фосфорно-калийных удобрений следует определять с учетом обеспеченности почвы подвижными формами этих элементов и планируемого урожая трав. Они должны быть увязаны и с годом использования трав. Оптимальными дозами следует считать те, которые на среднеобеспеченных подвижным фосфором и калием почвах соответствуют выносу элементов с урожаем. Хотя травы не усваивают всего количества калия, а тем более фосфора из удобрений, все же они пользуются частично теми же элементами, накопившимися в почве до внесения удобрения непосредственно под травы. Не использованные же травами фосфорно-калийные удобрения сорбируются почвой, и они вместе с накопленными питательными веществами в корнях и пожнивных остатках многолетних трав постепенно будут использованы следующими культурами севооборота. На более бедных подвижным фосфором и калием почвах в целях их обогащения дозы фосфорно-калийных удобрений под травы следует повысить так, чтобы они несколько превышали вынос этих элементов с урожаем (Убугунов, Хышигжаргал, 1993; Демин, Шалов, 1997).

На сенокосах и пастбищах с малопродуктивными травостоями эффективность удобрений, как правило, ниже, чем на высокопродуктивных угодьях. Однако при оптимальном использовании удобрений и извести на природных сенокосах и пастбищах с малопродуктивным составом трав они могут становиться более продуктивными. И, наоборот, при неправильном применении удобрений высокопродуктивные травостой могут уступить место низкоуро-

жайным и малоценным в кормовом отношении видам злаковых растений и разнотравья. Использование тех или иных видов и их соотношений позволяет регулировать состав травостоя с целью его улучшения.

Фосфорно-калийные удобрения необходимо применять на всех видах почв (Никитишен, Дмитракова, Заборин, 1995).

Растения с первых стадий своего развития нуждаются в фосфорном питании. С многочисленными реакциями с участием фосфора связана биоэнергетика, то есть ферментативный механизм образования АТФ и регуляторных механизмов, контролирующих его утилизацию в процессе обмена веществ. При фосфорном голодании растений снижаются темпы дыхания, подавляется гликолиз, нарушается энергетический баланс, что приводит к нарушению структуры плазмы. Проникновение клубеньковых бактерий в корень бобовых замедляется.

Если фосфор участвует главным образом в консервировании и передаче энергии, то калий обладает более широким спектром действия в метаболизме клетки. Недостаток калия в среде приводит к расстройству азотного и углеводного обмена, снижению содержания фосфорных эфиров, фосфат-липидов, нуклеиновых кислот, суммы нуклеотидов АМФ, АДФ, АТФ, чем подрывается энергетическая основа растений, следовательно, снижается фотосинтез, что приводит к потере урожайности. Доказано, что при понижении содержания калия до 1 – 2% в сухом веществе травы уже не способны нормально расти (Серебренников, Кокорин, 1987).

Эффективность фосфорно-калийных удобрений зависит от плодородия почвы, типа луга, включая видовой состав травостоя, увлажненности, кислотности и других факторов (Семенов и др., 2001; Кулаков и др., 2002).

В опытах, проводившихся на почвах со средним и высоким уровнем содержания фосфора, внесение фосфорных удобрений или не влияло (Лустова, 1973) или снижало урожайность трав (Макаров, 1994).

На почвах, бедных фосфором, фосфорные удобрения значительно повышают продуктивность травостоев, но наибольший урожай сена получен при внесении NPK в соотношении 5 : 2 : 3 – 84,2 ц/га (Кулаков, 1973).

Хорошая эффективность фосфорных удобрений отмечается и в других опытах (Макаров и др., 1994; Ефимов и др., 1997; Привалова и др., 2001).

На естественном травостое при внесении фосфора в дозе 30 кг/га прибавка сена составляет 10 ц/га и 17,1 ц/га от  $P_{90}$ , с увеличением содержания  $P_2O_5$  в почве прибавка снижается (Дышко, 2003).

Калийные удобрения повышают урожай многолетних трав при низком и среднем содержании калия в почве (Макаров, 1994; Прокошев, 2006). В опытах на низинных торфяниках (Ефимов и др., 1997) повышение доз калийных удобрений до 180 кг/га было эффективно, повышая урожайность трав на 121%, а доза  $K_{240}$  была уже неэффективна.

Совместное внесение фосфорно-калийных удобрений или не влияло на продуктивность лугов (Меркушева и др., 1997) или повышало ее (Мееровский, 1980).

При содержании в почве фосфора и калия ниже оптимальных значений для конкретной почвы РК-удобрения следует вносить в дозах, превышающих на 20-30% вынос фосфора и калия урожаем трав (Кудин, 1989; Томин и др., 1993).

Оплата 1 кг фосфора удобрениями достаточно велика. Так, на почвах с низким содержанием подвижного фосфора при внесении от 30 до 90 кг  $P_2O_5$  на 1 кг может быть получено от 9 до 17 кг сухого вещества. По мере увеличения норм окупаемость фосфорных удобрений урожаем снижается (Расширенное воспроизводство ..., 1993).

Эффективность калийных удобрений на дерново-подзолистых почвах невелика - прибавки урожаев составляют 1,5 – 4,0 ц/га сухой массы. Агрономически оправданы нормы калийных удобрений не более 90 – 120 кг действующего вещества на 1 га (Расширенное воспроизводство ..., 1993).

Успехи в луговодстве, достигнутые разными странами в различных природных условиях, убеждают, что основной причиной этих успехов является широкое использование азота (Бунаев, 1993; Тамов, 2001; Никитишен, 2006; Шафран, 2006).

Для обеспечения роста продуктивности сенокосов и пастбищ необходимо в первую очередь, улучшить азотное питание, так как именно в азоте луговод-

ство испытывает наибольшую потребность. Средняя доза внесения азота на 1 га улучшенных сенокосов и пастбищ страны не превышает 22 кг/га. Даже с учетом поступления азота органических удобрений, экскрементов выпасаемых животных и симбиотически фиксированного азота бобовых трав луговое хозяйство страны характеризуется остродефицитным балансом по азоту: вынос его в три раза превышает возврат, что несовместимо с задачей увеличения производства кормов (Кутузова, 1986; Шафран, Авдеев, 2000).

Д.А. Алтунин (1983) установил, что наиболее сильное действие азотные удобрения оказывают на пойменных лугах, так как здесь преобладают злаковые и разнотравно-злаковые ассоциации.

Наибольшие прибавки урожайности многолетних трав на суходольных и пойменных лугах с естественным и сеяным травостоем обеспечивают азотные удобрения (Рогов, 1976; Кулаков и др., 1998; Шаповалов, 2006). Это объясняется тем, что на этих типах кормовых угодий, как правило, преобладают злаковые травы, лучше отзывающиеся на азотные удобрения (Шилова, 1985; Архипенко, Слюсарь, 2002).

Так, по данным Башкирского НИИ земледелия (Минеев, 1988), внесение азота в дозе  $N_{120}$  более чем в 2 раза повышало урожайность злаковой травосмеси.

В опытах А.В. Быстрова, Н.Я. Шмыревой (2002) прибавка урожая злаковой травосмеси от одного килограмма азота составила 10,9 - 13,3 кг.

Внесение только одной селитры в дозе 84 кг/га на дерново-подзолистой почве повышало урожайность сена с 19,2 до 41 ц/га (Ромашов и др., 1973). Высокая эффективность азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных на разных типах почв отличается в опытах многих авторов (Монтосов, 1988; Убугунов и др., 1994; Гусев, 2000; Белоус и др., 2000; Шаповалов, 2006).

Наибольшую урожайность сенокосов и пастбищ обеспечивает внесение полного минерального удобрения (Чирков, 1995; Тюльдюков, и др., 1998; Кутузова и др., 2000).

В исследованиях В.А. Куди, Л.А. Ожерелок (1993) наиболее высокий урожай злаковой травосмеси получен при внесении полного минерального

удобрения на фоне 40 т/га подстилочного навоза, внесенного под вспашку и фрезерование при залужении. В опытах Г.Е. Мерзлой и др. (2004) на сеяном сенокосе на дерново–подзолистой среднесуглинистой почве установлена высокая эффективность органо-минеральной системы удобрения с использованием бесподстилочного навоза в дозе 60 кг/га азота с минеральными удобрениями  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , обеспечивающее устойчивую продуктивность травостоя на уровне 10 т/га высокопитательной сухой массы, сбалансированной по протеину и минеральным веществам.

В исследованиях Н.В. Барашкова, А.В. Кузьмина (2001) максимальная урожайность злакового травостоя получена при внесении минеральных удобрений в дозах  $N_{180}P_{60}K_{60}$ .

По данным Ю.Н. Трубникова (2006), в благоприятные по погодным условиям годы наиболее эффективными были варианты с повышенной дозой всех элементов ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ). Многолетними исследованиями также установлено, что подкормка травостоев полным минеральным удобрением позволяет получить пастбищный корм, соответствующий зоотехническим требованиям для молочного скота (Кулаков, 2005).

По данным исследований Н.В. Панферова, М.В. Васильева (2003), максимальная урожайность пастбища длительного пользования в среднем за 39 лет получена при внесении  $N_{240-300}$  на фоне РК, при этом прибавка по сравнению с контролем составила 52,5-62,0 ц/га.

По данным Щербакова и др. (1986), на мелиорируемых землях оптимальной дозой было  $N_{240}P_{61}K_{120}$ .

Систематизация материалов по удобрениям позволила установить оптимальные соотношения минеральных удобрений (N:P:K) на лугах в зависимости от почвы и характера травостоя. Так, для злакового травостоя – 3 :2 :1, для бобово-злакового – 1 : 1 :2 и 0,7 :1 : 2 (в зависимости от процента содержания бобовых) (Мееровский и др., 1980).

Оплата азотных удобрений урожаями злаковых трав по мере увеличения норм закономерно снижается. При нормах внесения 30 – 90 кг/га на 1 кг вне-

сенного с удобрениями азота может быть получено, по данным опытов, 22 – 37 кг сухой массы злаковых трав. Но при внесении азотных удобрений в норме около 300 кг/га действующего вещества оплата 1 кг азота в условиях региона снижается до 8 кг сухой массы на слабокультуренных почвах и до 14 на хорошокультуренных (Расширенное воспроизводство ..., 1993).

В первые годы применения удобрений (около 10 – 15 лет) окупаемость 1 кг азота прибавкой урожая составляет всего 6,4 – 7,6 кг з. е. При последующем систематическом применении удобрений эффективность азотных удобрений возрастает (Окорков и др., 2005).

При улучшении природных кормовых угодий и освоении новых площадей с кислыми почвами под культурные сенокосы и пастбища известкование является одним из самых необходимых агротехнических приемов. Для повышения продуктивности залежей необходимо известкование и внесение повышенных доз РК в почву для обеспечения роста содержания РК в почве и повышения содержания гумуса (Кутузова и др., 2000; Кулаков и др., 2003). Содержание гумуса повышается на долголетних пастбищах и сенокосах за счет внесения повышенных доз NPK и внесения органических удобрений, а также при внесении  $\text{CaCO}_3$  (Родионова и др., 2001; Дикарев, 2003; Кулаков и др., 2003). Известкование дерново-подзолистых почв, по данным Института кормов (Кутузова, 1973), положительно влияло на доступность азота, фосфора и калия растениям бобово-злакового травостоя.

В опытах ВИУА (Шильников и др., 1980) сочетание полной дозы извести (по 1 г. к.) с NPK ( $\text{N}_{20}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ ) обеспечило за 3 года максимальную прибавку урожая – 49,9 ц/га сена, при урожае на контроле – 46,1 ц/га.

На Смоленской опытной станции (Мельничук и др., 1973), при изучении эффективности доломитовой муки в дозах 0,5 и 1,0 (по гидролитической кислотности) совместно с  $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$  и 40 т/га навоза наибольший эффект от извести и NPK получен на пастбище со злаковым травостоем по дозе извести, равной 0,5 г.к. При повышении дозы извести до 1,0 г.к. эффективность совместно внесенных известковых и минеральных удобрений снижалась.

На бобово-злаковом пастбище, наоборот, прибавка урожая от извести по полной гидролитической кислотности была на 50% больше, чем при половинной дозе. В Белоруссии известкование кислых малогумусных почв преимущественно суходольного типа, с выродившимся травостоем, показало высокую эффективность данного приема. Прибавка урожая сена составила 5 – 8 ц/га при поверхностном внесении и 10 – 15 ц/га при заделке в почву (Мееровский и др., 1980).

Проведение культуртехнических работ повышает эффективность удобрений (Чирков, 1995). Так, по данным Н.М. Белоус и др. (2000), проведение культуртехнических работ повышало урожайность при внесении  $N_{120}P_{90}K_{120}$  с 338 ц/га на естественном травостое до 434 ц/га зеленой массы многолетних злаковых трав.

Коренное улучшение естественных кормовых угодий увеличивало их продуктивность в 3 раза (Баранов, Данилевский, 2008; Шахмедов, Янов, 2008).

### ***2.1. Влияние минеральных удобрений на ботанический состав лугопастбищного фитоценоза***

Одним из главных признаков качества корма природных и сеяных лугов является ботанический состав их травостоев, отражающий количественное соотношение компонентов фитоценоза, а, следовательно, относительное участие отдельных видов трав в сложении травостоев (Косолапов и др., 2009).

Минеральные удобрения могут оказывать заметное влияние на ботанический состав, как на естественном, так и на искусственно созданном фитоценозе (Тамов, 2001).

На естественном фитоценозе до закладки опыта в ботаническом составе преобладали злаки – 53%, бобовые составляли 24%, разнотравье – 23%. В составе злаков преобладали лисохвост луговой – 38%, тимофеевка луговая – 20%, мятлик луговой – 13% (табл. 5).

Длительное применение минеральных удобрений в определенной степени трансформировало агроценоз, влияя на соотношение в нем отдельных компонентов. Внесение полного минерального удобрения увеличило долю злаков в

урожае до 80%, способствовало сокращению доли разнотравья до 20%, бобовые полностью выпали из травостоя.

Таблица 5

Изменение ботанического состава лугового агроценоза под влиянием минеральных удобрений, %

| Видовой состав ценоза | Естественный фитоценоз |          |  | Сеяный фитоценоз              |  |          |  |
|-----------------------|------------------------|----------|--|-------------------------------|--|----------|--|
|                       | до закладки опыта      | 2007 г   |  | в год закладки опыта (1994 г) |  | 2007 г   |  |
|                       |                        | контроль | ежегодное внесение N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | контроль                      | ежегодное внесение N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | контроль | ежегодное внесение N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> |
| Злаки                 | 53                     | 51       | 80   | 100                           | 100  | 65       | 94   |
| Бобовые               | 24                     | 21       | -  | -                             | -  | 10       | -  |
| Разнотравье           | 23                     | 28       | 20   | -                             | -  | 25       | 6  |

В контрольном варианте естественного агрофитоценоза за анализируемый период изменения в ботаническом составе незначительны.

Через тринадцать лет пользования сеяный фитоценоз независимо от способа обработки почвы претерпел значительные изменения по ботаническому составу. В контрольном варианте сформировался бобово-разнотравно-злаковый фитоценоз. В составе злаков преобладали лисохвост луговой и кострец безостый (40 и 21% соответственно).

Наибольшим продуктивным долголетием на удобряемых вариантах отличились канареечник тростниковидный и лисохвост луговой, доля которых в урожае даже на четырнадцатый год жизни составляла до 88%.

В составе сложной травосмеси основную долю урожая в течение 13 лет формировал канареечник тростниковидный (64%). Лисохвост луговой значительно уступал ему (24%). Тимофеевка луговая, овсяница луговая и кострец безостый не формировали хозяйственно ощутимого урожая.

Таким образом, в среднем за 13 лет сеяный фитоценоз характеризовался достаточно высоким содержанием сеяных трав в урожае (65 – 94%). Минеральные удобрения способствовали снижению доли разнотравья в урожае, как на естественном травостое, так и в сеянном фитоценозе.

## ***2.2. Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность зеленой массы многолетних трав***

Увеличение количества зеленого корма напрямую связано с повышением продуктивности естественных кормовых угодий.

Естественные кормовые угодья, как правило, имеют низкую продуктивность. Как показывают результаты опытов (табл. 6), продуктивность естественного травостоя составляет 52 ц/га. При проведении поверхностного улучшения незначительно повышается урожайность многолетних трав.

Коренное улучшение естественных кормовых угодий позволяет повысить урожайность сеяной травосмеси, но весьма незначительно.

Таким образом, агротехнические приемы сами по себе не оказывают существенного влияния на продуктивность многолетних трав.

Применение фосфорно-калийных удобрений в дозе  $P_{90}K_{120}$  позволяет увеличить урожайность травосмеси как в комплексе с агротехническими приемами, так и без них. Так, на естественном травостое урожайность зеленой массы многолетних трав повысилась до 128 ц/га, по фону обработки раундапом – до 150 ц/га, по фону обработки дисками – до 156 ц/га, по фону обычной вспашки – до 155 ц/га, по фону двухъярусной вспашки – до 149 ц/га.

Наибольшее влияние на продуктивность многолетних трав в первом укосе оказало азотное удобрение. Применение полного минерального удобрения как на фоне культуртехнических работ, так и на естественном травостое позволило значительно повысить урожайность зеленой массы многолетних трав.

Увеличение дозы калийных удобрений на фоне  $N_{120}$  при всех способах обработки почвы не приводит к увеличению урожайности зеленой массы многолетних трав.

Доза фосфорно-калийных удобрений  $P_{120}K_{180}$  повышала урожайность зеленой массы травосмесей по всем фонам обработки почвы, включая естественный травостой, по сравнению с дозой  $P_{90}K_{120}$ . Внесение  $N_{180}$  по фону  $P_{120}K_{180}$  значительно повышало урожайность зеленой массы. Так, на естественно травостое

стое прибавка от азота составила 179 ц/га, по фону обработки раундапом – 184, по фону дискования – 170 ц/га, по фону обычной вспашки – 209 ц/га, по фону двухъярусной вспашки – 190 ц/га.

Урожайность отавы (табл. 7) в контрольном варианте составляла от 24 ц/га на естественном травостое до 30 – 34 ц/га по фонам обработки почвы, то есть агротехнические приемы способствовали лучшему росту и развитию травостоя.

Основным фактором повышения урожайности многолетних трав второго укоса являются минеральные удобрения.

Самая высокая урожайность зеленой массы многолетних трав второго укоса получена при внесении полного минерального удобрения, в котором главная роль принадлежит азоту. Внесение азота в дозе 120 кг/га в составе полного минерального удобрения ( $N_{120}P_{90}K_{120}$ ) повышало урожайность зеленой массы отавы. На естественном травостое прибавка от азота составила 77 ц/га, на фонах обработки почвы этот показатель находился в пределах 79 – 88 ц/га зеленой массы.

При увеличении дозы азота до 180 кг/га повышался и уровень урожайности зеленой массы. На естественном травостое прибавка от азота составила 70 ц/га, при поверхностных способах улучшения лугов прибавки составляли 83 – 89 ц/га, при коренных – 79 – 89 ц/га.

Повышение дозы калийных удобрений в составе  $N_{120}P_{90}$  и  $N_{180}P_{120}$  не повышало достоверно уровень урожайности отавы многолетних трав.

Таблица 6

Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность зеленой массы многолетних трав  
1-го укоса (ц/га), среднее за 1995 – 2007 гг.

| Вариант   | Естественный травостой |                     |             | Злаковая травосмесь |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
|---|------------------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|---------------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|
|   | урожай-<br>ность       | прибавка,<br>± ц/га |             | раундап, 5 л/га     |                     |             | дискование       |                     |             | обычная вспашка  |                 |             | 2-х ярусная вспашка |                 |             |
|   |                        | к конт-<br>ролю     | от<br>азота | урожай-<br>ность    | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,± ц/га |             | урожай-<br>ность    | прибавка,± ц/га |             |
|   |                        |                     |             |                     | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю | от<br>азота |                     | к конт-<br>ролю | от<br>азота |
| Контроль  | 52                     | -                   | -           | 71                  | -                   | -           | 69               | -                   | -           | 75               | -               | -           | 70                  | -               | -           |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 128                    | 76                  | -           | 150                 | 79                  | -           | 156              | 87                  | -           | 155              | 80              | -           | 149                 | 79              | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 293                    | 241                 | 165         | 327                 | 256                 | 177         | 331              | 262                 | 175         | 360              | 285             | 205         | 378                 | 308             | 229         |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 267                    | 215                 | -           | 304                 | 233                 | -           | 307              | 238                 | -           | 307              | 232             | -           | 324                 | 254             | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 253                    | 201                 | -           | 319                 | 248                 | -           | 308              | 239                 | -           | 302              | 227             | -           | 258                 | 188             | -           |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 145                    | 93                  | -           | 171                 | 100                 | -           | 180              | 111                 | -           | 167              | 92              | -           | 177                 | 107             | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 324                    | 272                 | 179         | 355                 | 284                 | 184         | 350              | 281                 | 170         | 376              | 301             | 209         | 367                 | 297             | 190         |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 288                    | 236                 | -           | 341                 | 270                 | -           | 349              | 280                 | -           | 356              | 281             | -           | 358                 | 288             | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 298                    | 246                 | -           | 348                 | 277                 | -           | 343              | 274                 | -           | 349              | 274             | -           | 352                 | 282             | -           |
| НСР <sub>05</sub> - 49                            |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
| НСР <sub>05</sub> (фон) – 16                      |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
| НСР <sub>05</sub> (удобрения) - 22                |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |

Таблица 7

Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность зеленой массы многолетних трав  
 2-го укоса, среднее за 1995 – 2007 гг.

| Вариант   | Естественный травостой |                     |             | Злаковая травосмесь |                     |             |                  |                 |             |                  |                 |             |                     |                     |             |
|---|------------------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|
|   | урожай-<br>ность       | прибавка,<br>± ц/га |             | раундап, 5 л/га     |                     |             | дискование       |                 |             | обычная вспашка  |                 |             | 2-х ярусная вспашка |                     |             |
|   |                        | к конт-<br>ролю     | от<br>азота | урожай-<br>ность    | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,± ц/га |             | урожай-<br>ность    | прибавка,<br>± ц/га |             |
|   |                        |                     |             |                     | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю | от<br>азота |                     | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |
| Контроль  | 24                     | -                   | -           | 30                  | -                   | -           | 31               | -               | -           | 34               | -               | -           | 32                  | -                   | -           |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 55                     | 31                  | -           | 65                  | 35                  | -           | 64               | 33              | -           | 66               | 32              | -           | 65                  | 33                  | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 132                    | 108                 | 77          | 147                 | 117                 | 82          | 143              | 112             | 79          | 154              | 120             | 88          | 152                 | 120                 | 87          |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 109                    | 85                  | -           | 137                 | 107                 | -           | 124              | 93              | -           | 130              | 96              | -           | 133                 | 101                 | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 110                    | 86                  | -           | 138                 | 108                 | -           | 133              | 102             | -           | 135              | 101             | -           | 116                 | 84                  | -           |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 62                     | 38                  | -           | 70                  | 40                  | -           | 75               | 44              | -           | 75               | 41              | -           | 76                  | 44                  | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 132                    | 108                 | 70          | 159                 | 129                 | 89          | 158              | 127             | 83          | 154              | 120             | 79          | 165                 | 133                 | 89          |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 119                    | 95                  | -           | 149                 | 119                 | -           | 149              | 118             | -           | 156              | 122             | -           | 152                 | 120                 | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 122                    | 98                  | -           | 151                 | 121                 | -           | 145              | 114             | -           | 157              | 123             | -           | 149                 | 117                 | -           |
| НСР <sub>05</sub> - 21                            |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                 |             |                  |                 |             |                     |                     |             |
| НСР <sub>05</sub> (фон) – 8                       |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                 |             |                  |                 |             |                     |                     |             |
| НСР <sub>05</sub> (удобрения) - 9                 |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                 |             |                  |                 |             |                     |                     |             |

Таблица 8

Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность зеленой массы многолетних трав в сумме за 2 укоса (ц/га), среднее за 1995 – 2007 гг.

| Вариант  | Естественный травостой |                     |             | Злаковая травосмесь |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                     |             |
|--|------------------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|---------------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|
|  | урожай-<br>ность       | прибавка,<br>± ц/га |             | раундап, 5 л/га     |                     |             | дискование       |                     |             | обычная вспашка  |                 |             | 2-х ярусная вспашка |                     |             |
|  |                        | к конт-<br>ролю     | от<br>азота | урожай-<br>ность    | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,± ц/га |             | урожай-<br>ность    | прибавка,<br>± ц/га |             |
|  |                        |                     |             |                     | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю | от<br>азота |                     | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |
| Контроль   | 76                     | -                   | -           | 101                 | -                   | -           | 100              | -                   | -           | 109              | -               | -           | 102                 | -                   | -           |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                   | 183                    | 107                 | -           | 215                 | 114                 | -           | 220              | 120                 | -           | 221              | 112             | -           | 214                 | 112                 | -           |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 425                    | 349                 | 242         | 474                 | 373                 | 259         | 474              | 374                 | 254         | 514              | 405             | 293         | 530                 | 428                 | 316         |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 376                    | 300                 | -           | 441                 | 340                 | -           | 431              | 331                 | -           | 437              | 328             | -           | 457                 | 355                 | -           |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>  | 363                    | 287                 | -           | 457                 | 356                 | -           | 441              | 341                 | -           | 437              | 328             | -           | 374                 | 272                 | -           |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                  | 207                    | 131                 | -           | 241                 | 140                 | -           | 255              | 155                 | -           | 242              | 133             | -           | 253                 | 151                 | -           |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 456                    | 380                 | 249         | 514                 | 413                 | 273         | 508              | 408                 | 253         | 530              | 421             | 288         | 532                 | 430                 | 279         |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub> | 407                    | 331                 | -           | 490                 | 389                 | -           | 498              | 398                 | -           | 512              | 403             | -           | 510                 | 408                 | -           |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 420                    | 344                 | -           | 499                 | 398                 | -           | 488              | 388                 | -           | 506              | 397             | -           | 501                 | 399                 | -           |
| HCP <sub>05</sub> - 70                             |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                     |             |
| HCP <sub>05</sub> (фон) - 23                       |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                     |             |
| HCP <sub>05</sub> (удобрения) - 31                 |                        |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                     |             |

На контрольном варианте естественного травостоя без удобрений в сумме за два укоса получено 76 ц/га зеленой массы трав, по фону обработки раундапом 101 ц/га, по фону дискования 100 ц/га (табл. 8). Внесение  $P_{90}K_{120}$  повысило урожайность зеленой массы на естественном травостое до 183 ц/га. За счет создания сеяного травостоя эффективность удобрений возросла: по фону обработки раундапом получено 215 ц/га зеленой массы, по фону дискования – 220 ц/га.

Высокая эффективность фосфорно-калийных удобрений на всех фонах объясняется низким содержанием подвижных форм фосфора и обменного калия.

Увеличение доз фосфорно-калийных удобрений до  $P_{120}K_{180}$  повысило урожайность зеленой массы на естественном травостое в 2,7 раза по отношению к контролю, по фону обработки раундапом – в 2,4 раза, по фону дискования – в 2,5 раза.

Внесение азота в дозе 120 кг/га в дополнение к  $P_{90}K_{120}$  резко повышало урожайность зеленой массы на естественном травостое до 425 ц/га (в 5,6 раз по отношению к контролю), по фону обработки раундапом – до 474 (в 4,7 раз), по фону дискования – до 474 ц/га (в 4,7 раз).

От обработок почвы при внесении  $N_{120}P_{90}K_{120}$  получена прибавка 373 ц/га по фону обработки раундапом и 373 ц/га по фону дискования.

Повышение дозы калия в составе NPK до 180 – 240 ц/га (соотношение N : K = 1 : 1,5 – 1 : 2) вело к снижению урожайности и экономически не оправдано в обычных условиях, но в зоне радиоактивного загрязнения способствует снижению перехода  $^{137}Cs$  из почвы в получаемую продукцию.

Увеличение дозы фосфорно-калийных удобрений до  $P_{120}K_{180}$  повышало урожайность зеленой массы трав на естественном травостое до 207 ц/га (+131 ц/га к контролю), по фону обработки раундапом до 241 ц/га (+140 ц/га к контролю). По фону обработки дисками – до 255 ц/га (+155 ц/га к контролю).

Дополнение РК-удобрений азотом в дозе 180 кг/га повышало урожайность зеленой массы трав на всех изучаемых фонах. Прибавка от азота (по

сравнению с вариантом б) составила 249 ц/га на естественном травостое, 273 ц/га по фону обработки раундапом и 253 ц/га по фону дискования.

Повышенные дозы калийных удобрений как на фоне  $N_{120}P_{90}$ , так и на фоне  $N_{180}P_{120}$  были неэффективны. Наблюдалась тенденция к снижению урожайности.

На контрольном варианте естественного травостоя урожайность зеленой массы в среднем получена невысокая. Использование приемов коренного улучшения повышало этот показатель на 43% по фону обычной вспашки и на 34% по фону 2-х ярусной вспашки.

Фосфорно-калийные удобрения в дозе  $P_{90}K_{120}$  повышало урожайность зеленой массы на естественном травостое до 183 ц/га (в 2,4 раза) по фону обычной вспашки до 221 ц/га (в 2 раза), по фону двухъярусной вспашки – до 214 ц/га (в 2 раза).

Высокая эффективность фосфорно-калийных удобрений на всех фонах объясняется низким содержанием подвижных форм фосфора и обменного калия.

Увеличение доз фосфорно-калийных удобрений до  $P_{120}K_{180}$  повысило урожайность зеленой массы на естественном травостое в 2,7 раза по отношению к контролю, по фону обычной вспашки – в 2,2 раза, по фону двухъярусной – в 2,5 раза.

Дополнение фосфорно-калийных удобрений азотом в дозе 120 кг/га способствовало повышению урожайности зеленой массы на естественном травостое до 425 (в 5,6 раз по отношению к контролю), по фону обычной вспашки – до 514 (в 4,7 раз), по фону двухъярусной – до 530 ц/га (в 5,2 раз).

Увеличение дозы азота до 180 кг/га на фоне повышенных доз фосфорно-калийных удобрений обеспечивало рост урожайности зеленой массы по отношению к фону  $P_{120}K_{180}$ .

Повышенные дозы калийных удобрений как на фоне  $N_{120}P_{90}$ , так и на фоне  $N_{180}P_{120}$  были неэффективны. Наблюдалась тенденция к снижению урожайности.

### ***2.3. Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность сена многолетних трав***

Приемы поверхностного и коренного улучшения не оказали существенного влияния на продуктивность кормовых угодий.

Урожайность сена 1-го укоса многолетних трав в контроле на всех изучаемых фонах находилась в пределах 17,3 – 24,7 ц/га. На естественном травостое урожайность сена составила 16,7 ц/га (табл. 9).

Применение фосфорно-калийного удобрения достоверно увеличивало урожайность сена многолетних трав на всех изучаемых фонах обработки почвы в 1,3 – 1,5 раза по сравнению с контролем.

На естественном травостое самая высокая урожайность сена получена на варианте 3 ( $N_{120}P_{90}K_{120}$ ) – 73,0 ц/га и варианте 7 ( $N_{180}P_{120}K_{180}$ ) – 84,8 ц/га. Эффективность азотного удобрения была достаточно высокой.

При поверхностном улучшении лугов самая высокая урожайность сена многолетних трав первого укоса получена на варианте  $N_{120}P_{90}K_{120}$  – 88,5 – 89,6 ц/га и варианте  $N_{180}P_{120}K_{180}$  – 96,2 – 97,9 ц/га. Увеличение дозы азота в составе полного минерального удобрения в 1,5 раза не способствовало адекватному росту продуктивности многолетних трав.

Эффективность азотных удобрений при коренном улучшении была достаточно высокой, прибавки от азота выше, чем при поверхностном улучшении. Последовательно возрастающие дозы калийного удобрения в составе НРК снижали продуктивность травосмеси на всех изучаемых фонах.

Таблица 9

Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность сена многолетних трав 1-го укоса (ц/га),  
среднее за 1995 – 2007 гг.

| Вариант   | Естественный травостой |                     |             | Злаковая травосмесь |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
|---|------------------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|---------------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|
|   | урожай-<br>ность       | прибавка,<br>± ц/га |             | раундап, 5 л/га     |                     |             | дискование       |                     |             | обычная вспашка  |                 |             | 2-х ярусная вспашка |                 |             |
|   |                        | к конт-<br>ролю     | от<br>азота | урожай-<br>ность    | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,± ц/га |             | урожай-<br>ность    | прибавка,± ц/га |             |
|   |                        |                     |             |                     | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю | от<br>азота |                     | к конт-<br>ролю | от<br>азота |
| Контроль  | 16,7                   | -                   | -           | 17,3                | -                   | -           | 21,8             | -                   | -           | 24,7             | -               | -           | 23,0                | -               | -           |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 33,2                   | 16,5                | -           | 41,3                | 24,0                | -           | 40,9             | 19,1                | -           | 41,4             | 16,7            | -           | 37,2                | 14,2            | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 73,0                   | 56,3                | 39,8        | 88,5                | 71,2                | 47,2        | 89,6             | 67,8                | 48,7        | 94,5             | 69,8            | 53,1        | 97,6                | 74,6            | 60,4        |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 67,9                   | 51,2                | -           | 82,6                | 65,3                | -           | 81,0             | 59,2                | -           | 82,0             | 57,3            | -           | 82,6                | 59,6            | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 66,0                   | 49,3                | -           | 80,7                | 63,4                | -           | 82,4             | 60,6                | -           | 80,8             | 56,1            | -           | 84,4                | 61,4            | -           |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 39,8                   | 23,1                | -           | 44,7                | 27,4                | -           | 47,3             | 25,5                | -           | 46,1             | 21,4            | -           | 45,3                | 22,3            | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 84,8                   | 68,1                | 45,0        | 96,2                | 78,9                | 51,5        | 97,9             | 76,1                | 50,6        | 96,6             | 71,9            | 50,5        | 98,8                | 75,8            | 53,5        |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 74,8                   | 58,1                | -           | 88,0                | 70,7                | -           | 88,1             | 66,3                | -           | 92,6             | 67,9            | -           | 92,5                | 69,5            | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 73,7                   | 57,0                | -           | 86,8                | 69,5                | -           | 85,3             | 63,5                | -           | 88,4             | 63,7            | -           | 88,1                | 65,1            | -           |
| НСР <sub>05</sub>                                 |                        | - 17,2              |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
| НСР <sub>05</sub> (фон)                           |                        | - 5,7               |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
| НСР <sub>05</sub> (удобрения)                     |                        | - 7,7               |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |

Таблица 10

Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность сена многолетних трав 2-го укоса (ц/га),  
среднее за 1995 – 2007 гг.

| Вариант   | Естественный травостой |                     |             | Злаковая травосмесь |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
|---|------------------------|---------------------|-------------|---------------------|---------------------|-------------|------------------|---------------------|-------------|------------------|-----------------|-------------|---------------------|-----------------|-------------|
|   | урожай-<br>ность       | прибавка,<br>± ц/га |             | раундап, 5 л/га     |                     |             | дискование       |                     |             | обычная вспашка  |                 |             | 2-х ярусная вспашка |                 |             |
|   |                        | к конт-<br>ролю     | от<br>азота | урожай-<br>ность    | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,<br>± ц/га |             | урожай-<br>ность | прибавка,± ц/га |             | урожай-<br>ность    | прибавка,± ц/га |             |
|   |                        |                     |             |                     | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю     | от<br>азота |                  | к конт-<br>ролю | от<br>азота |                     | к конт-<br>ролю | от<br>азота |
| Контроль  | 7,2                    | -                   | -           | 7,5                 | -                   | -           | 9,4              | -                   | -           | 10,6             | -               | -           | 9,9                 | -               | -           |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 14,2                   | 7,0                 | -           | 17,8                | 10,3                | -           | 17,6             | 8,2                 | -           | 17,9             | 7,3             | -           | 16,0                | 6,1             | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 31,3                   | 24,1                | 17,1        | 38,3                | 30,8                | 20,5        | 38,8             | 29,4                | 21,2        | 40,7             | 30,1            | 22,8        | 42,0                | 32,1            | 26,0        |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 29,2                   | 22,0                | -           | 35,8                | 28,3                | -           | 31,0             | 21,6                | -           | 35,3             | 24,7            | -           | 35,6                | 25,7            | -           |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 28,7                   | 21,5                | -           | 35,0                | 27,5                | -           | 35,6             | 26,2                | -           | 35,0             | 24,4            | -           | 36,4                | 26,5            | -           |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 17,2                   | 10,0                | -           | 19,3                | 11,8                | -           | 20,5             | 11,1                | -           | 19,9             | 9,3             | -           | 19,5                | 9,6             | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 36,7                   | 29,5                | 19,5        | 41,4                | 33,9                | 22,1        | 42,1             | 32,7                | 21,6        | 41,8             | 31,2            | 21,9        | 42,6                | 32,7            | 23,1        |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 32,4                   | 25,2                | -           | 37,9                | 30,4                | -           | 37,7             | 28,3                | -           | 40,1             | 29,5            | -           | 39,8                | 29,9            | -           |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 33,3                   | 26,1                | -           | 37,4                | 29,9                | -           | 36,5             | 27,1                | -           | 38,2             | 27,6            | -           | 37,9                | 28,0            | -           |
| НСР <sub>05</sub>                                 | - 7,6                  |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
| НСР <sub>05</sub> (фон)                           | - 2,6                  |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |
| НСР <sub>05</sub> (удобрения)                     | - 3,4                  |                     |             |                     |                     |             |                  |                     |             |                  |                 |             |                     |                 |             |

Таблица 11

Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность сена многолетних трав в сумме за два укоса (ц/га), среднее за 1995 – 2007 гг.

| Вариант  | Естественный травостой |                  |          | Злаковая травосмесь |                  |          |               |                  |          |                 |                  |          |                     |                  |          |
|--|------------------------|------------------|----------|---------------------|------------------|----------|---------------|------------------|----------|-----------------|------------------|----------|---------------------|------------------|----------|
|  | уро-жай-ность          | прибавка, ± ц/га |          | раундап, 5 л/га     |                  |          | дискование    |                  |          | обычная вспашка |                  |          | 2-х ярусная вспашка |                  |          |
|  |                        | к конт-ролю      | от азота | уро-жай-ность       | прибавка, ± ц/га |          | уро-жай-ность | прибавка, ± ц/га |          | уро-жай-ность   | прибавка, ± ц/га |          | уро-жай-ность       | прибавка, ± ц/га |          |
|  |                        |                  |          |                     | к конт-ролю      | от азота |               | к конт-ролю      | от азота |                 | к конт-ролю      | от азота |                     | к конт-ролю      | от азота |
| Контроль   | 23,9                   | -                | -        | 24,8                | -                | -        | 31,2          | -                | -        | 35,3            | -                | -        | 32,9                | -                | -        |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                   | 47,4                   | +23,5            | -        | 59,1                | +34,3            | -        | 58,5          | +27,3            | -        | 59,3            | +24,0            | -        | 53,2                | +20,3            | -        |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 104,3                  | +80,4            | +56,9    | 126,8               | +102,0           | +67,7    | 128,4         | +97,2            | +69,9    | 135,2           | +99,9            | +75,9    | 139,6               | +106,7           | +86,4    |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 97,1                   | +73,2            | -        | 118,4               | +93,6            | -        | 116,0         | +84,8            | -        | 117,3           | +82,0            | -        | 118,2               | +85,3            | -        |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>  | 94,7                   | +70,8            | -        | 115,7               | +90,9            | -        | 118,0         | +86,8            | -        | 115,8           | +80,5            | -        | 120,8               | +87,9            | -        |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                  | 57,0                   | +33,1            | -        | 64,0                | +39,2            | -        | 67,8          | +36,6            | -        | 66,0            | +30,7            | -        | 64,8                | +31,9            | -        |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 121,5                  | +97,6            | +64,5    | 137,6               | +112,8           | +73,6    | 140,0         | +108,8           | +72,2    | 138,4           | +103,1           | +72,4    | 141,4               | +108,5           | +76,6    |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub> | 107,2                  | +83,3            | -        | 125,9               | +101,1           | -        | 125,8         | +94,6            | -        | 132,7           | +97,4            | -        | 132,3               | +99,4            | -        |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 107,0                  | +83,1            | -        | 124,2               | 99,4             | -        | 121,8         | +90,6            | -        | 126,6           | +91,3            | -        | 126,0               | +93,1            | -        |
| НСР <sub>05</sub> - 24,6                           |                        |                  |          |                     |                  |          |               |                  |          |                 |                  |          |                     |                  |          |
| НСР <sub>05</sub> (фон) - 8,2                      |                        |                  |          |                     |                  |          |               |                  |          |                 |                  |          |                     |                  |          |
| НСР <sub>05</sub> (удобрения) - 11,0               |                        |                  |          |                     |                  |          |               |                  |          |                 |                  |          |                     |                  |          |

Урожайность сена многолетних трав второго укоса в контрольном варианте по всем изучаемым фонам была на одном уровне (7,2 – 10,6 ц/га) (табл. 10).

Во всех удобренных вариантах урожайность травосмесей была достаточно высокой. Урожайность сена отавы при поверхностном и коренном способе улучшения лугов мало различалась между собой.

Наибольший эффект был получен от азотного удобрения, независимо от фона обработки почвы. Последовательно возрастающие дозы калия не увеличивали урожайность сена второго укоса по всем фонам, включая естественный травостой.

Продуктивность естественного травостоя по сумме двух укосов была заметно ниже, чем сеяной злаковой травосмеси на всех вариантах опыта и составляла от 23,9 до 121,5 ц/га. Обработки почвы позволили повысить урожайность сена на 7,3 – 11,4 ц/га по сравнению с абсолютным контролем (табл. 11).

Фосфорно-калийные удобрения положительно влияли на урожайность сена многолетних трав и повышали ее на всех изучаемых фонах.

На естественном травостое в варианте с РК-удобрениями урожайность сена была в 2 – 2,4 раза выше по сравнению с контролем, при поверхностном – в 1,9 – 2,6 раза и в 1,6 – 2,0 раза при коренном.

Внесение полного минерального удобрения положительно влияло на продуктивность трав на всех фонах обработки почвы.

При поверхностном улучшении лугов самая высокая урожайность сена по сумме двух укосов получена на варианте 3 ( $N_{120}P_{90}K_{120}$ ) и в варианте  $N_{180}P_{120}K_{180}$  – 126,8 – 139,6 и 137,6 – 141,4 ц/га соответственно. По сравнению с контролем урожайность возрастала в 4 – 6 раз.

На фоне приемов коренного улучшения действие минеральных удобрений на урожайность сена многолетних трав было более эффективным, чем при поверхностном улучшении. Азотные удобрения на фоне фосфорно-калийных давали значительный положительный эффект. Однако следует отметить, что увеличение дозы азота в составе полного минерального удобрения не приводило к достоверному росту урожайности.

Возрастающие дозы калийного удобрения в составе NPK не способствовали повышению урожайности сена многолетних трав. Имела место тенденция к снижению ее как на естественном травостое, так и при поверхностном и коренном улучшении лугов.

Таким образом, наибольший эффект в опыте получен от азотного удобрения независимо от фона обработки почвы. Эффективность его возрастала на фоне агротехнических приемов. Проведение чисто агротехнических мероприятий позволяет незначительно повысить продуктивность кормовых угодий.

## ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АГРОПРИЕМОМ НА КАЧЕСТВО СЕНА ЛУГОПАСТБИЩНЫХ ТРАВ

### *3.1. Агрэкологические факторы в кормопроизводстве*

Окружающая среда очень сильно заражена различными химическими элементами и соединениями, а также радионуклидами. Большинство из них мутагены, тератогены или канцерогены. Кроме того, радионуклиды и химические соединения обладают существенным эффектом суммации, то есть в присутствии друг друга вредоносный эффект каждого из них может возрастать многократно (Минеев, Ремпе, 1990, 1991; Минеев, Гомонова и др., 1999; Сычев и др., 2004; Подоляк, Богдевич и др., 2006).

Рациональное природопользование, а также практическая деятельность человека в области охраны природы и природообустройства может дать положительные результаты только в том случае, если они ведутся на строго научной, теоретической основе, то есть на основе экологии, науке, изучающей условия существования живых организмов и взаимоотношения между организмами и средой их обитания (Кочегарова, 2003).

По данным Института социально-политических исследований Российской академии наук площадь регионов с крайне неблагоприятной экологической ситуацией еще в 1993 г. достигала 17% общей территории Российской Федерации, что примерно равно трети двух Мексик и шести Франций. В зоне экологического кризиса проживает 36% жителей страны, только 15% населения России дышит воздухом, соответствующим гигиеническим нормативам, и лишь 50% россиян используют воду, отвечающую гигиеническим требованиям (Кочегарова, 2003).

Полноценное питание людей в условиях загрязнения биосферы зависит не только от количества потребляемых продуктов, но и в значительной степени от их качества. Под качеством пищевых продуктов понимают совокупность их свойств, обеспечивающих физиологические потребности человека в пищевых ингредиентах, органолептические показатели продукта, безопасность его для

здоровья потребителя, стабильность состава и сохранение потребительских свойств. Следовательно, это понятие определяет пригодность продуктов для употребления в необходимом количестве, использование которых не может влиять на здоровье человека. Однако пища – это не только источник необходимых человеку пластических и энергетических материалов. В ее составе могут быть вещества, попадающие в организм человека из окружающей среды по пищевым цепям и в определенных концентрациях способные вызывать те или иные патологические процессы (Милащенко, Захаров, 1991; Протасов, Цыганов, 1994; Алексахин, 1996).

Проблема получения экологически безопасной продукции растениеводства заключается в снижении содержания ксенобиотиков и повышении биологического качества сельскохозяйственных культур. Решение этой проблемы возможно по трем направлениям:

- подбор культур и сортов (особенно при повышенном содержании в почве радионуклидов), обеспечивающих получение безопасной растениеводческой продукции (Алексахин, 1996; Подоляк, Богдевич и др., 2007);

- выбор почвы и условий рельефа, оптимальных для культуры и сорта и минимизирующих накопление в них ксенобиотиков. Контурно-экологические севообороты, позволяющие наиболее полно учитывать почвенные условия возделывания конкретной сельскохозяйственной культуры и ее биологические особенности (Кирюшин, 1993, 2000; Жученко, 1994);

- совершенствование технологии возделывания сельскохозяйственных культур, научно обоснованное применение пестицидов, макро- и микроудобрений. Для получения экологически безопасной продукции необходимо соизмерять внесение удобрений со способностью культуры ассимилировать содержащиеся в них питательные вещества без загрязнения продовольственной и фуражной продукции вредными веществами, а нагрузка пестицидов на сельскохозяйственный ландшафт – с интенсивностью физико-химических и биологических процессов их деструкции в окружающей среде и продуктах урожая (Соколов, 1995; Черников, 2000; Подоляк и др., 2005).

Основными источниками загрязнения агроэкологических систем могут быть органические и минеральные удобрения, применяемые в больших дозах (Минеев, Ремпе, 1991), особенно при длительном их использовании, и содержащие балластные вещества (тяжелые металлы, радионуклиды и др.) (Баранников, Кириллов, 2005): пестициды, радионуклиды и тяжелые металлы (Соколов, 1995; Белоус и др., 2006).

На современном этапе технологии лугового кормопроизводства должны обеспечивать безопасность качества корма с учетом содержания ядовитых растений, концентрации нитратов, тяжелых металлов, радионуклидов и других вредных примесей, сбалансированности корма по основным показателям, сохранение ценного флористического состава сеяных фитоценозов, а также поверхности дернины от разрушений, предотвращения снижения плодородия почвы. Поэтому необходимо применять соответствующие меры для предотвращения накопления избыточного количества нитратов, калия, радионуклидов и других элементов в сене и пастбищном корме (Афанасьев, Мерзлая, 1981; Афанасьев, 1987; Кореньков, 1999; Сычев и др., 2005; Шаповалов, 2006).

Максимальная продуктивность злаковых травостоев достигается при накоплении  $\text{NO}_3$  в сухом веществе трав около 0,5 – 0,6%, то есть концентрации ниже, чем токсичной (0,89%). Известно также, что при содержании протеина от 18 до 21% и выше появляется опасность накопления нитратов в растениях до токсичного уровня.

Внесение калийных удобрений высокими дозами требует также особого внимания вследствие накопления калия в большом количестве в травах (свыше 3% или 3,6%  $\text{K}_2\text{O}$  в сухом веществе). Это полностью устраняется при дробном внесении повышенных доз калийных удобрений и соблюдения сроков выжидания, поскольку одной из причин заболевания скота тетанией является повышенное содержание калия в пастбищной траве  $[\text{K} : (\text{Ca} + \text{Mg})] = \text{бoее } 2,2$  (Зотов, Семенов, 2006).

Исследования минерального состава основных кормов в хозяйствах Брянской области показало, что содержание кальция недостаточное и не соответствует потребностям сельскохозяйственных животных в этом элементе.

В 1 кг сена многолетних трав содержится в среднем 4,4 г (5,3 г в пересчете на сухое вещество) кальция, что ниже нормативных показателей на 30 – 40%. Отмечается также недостаточная обеспеченность кормов фосфором. Так, в основных видах кормов, в том числе и сене содержание фосфора ниже нормы на 17 – 31%.

В результате в рационах животных нарушено кальциево-фосфорное соотношение при норме Ca : P равное 1,5 – 2,1 оно составляет 2,3 – 3,1, что приводит к нарушению обмена веществ у животных.

### ***3.2. Влияние удобрений на качество многолетних трав***

Одной из задач оптимального, разумного применения минеральных удобрений на сенокосах и пастбищах является регулирование биохимического состава корма. Удобрения в зависимости от состава и норм их внесения могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на качество получаемых кормов.

В исследованиях Ю.Н. Трубникова (2006) за счет применения удобрений существенно увеличивался выход с гектара кормовых единиц. В этом случае наибольший вклад вносят азотные удобрения. Однако окупаемость удобрений урожаем трав с увеличением доз вносимых удобрений снижается (Панферов и др., 1986).

В злаковых травах в фазу выхода в трубку корм практически полностью сбалансирован по питательным веществам (Артемов и др., 2001).

Содержание каротина в зеленой массе и сене под влиянием азотных удобрений повышалось (Монтосов, 1988), фосфорно-калийные удобрения слабо влияли на его содержание. По данным А.Н. Небольсина, З.П. Небольсиной (1996), увеличение содержания фосфора в почве на 1 мг на 100 г (что соответствует внесению фосфорных удобрений 80 – 100 кг д.в./га) приводит к изменению содержания

этого элемента в сухой массе клевера в среднем на 0,003%, злаков на 0,006%.

Вследствие слабого накопления фосфора в растениях не приходится опасаться его избытка в кормах при всех реальных уровнях применения фосфорных удобрений.

По данным опытов, содержание азота и калия в злаковых травостоях неудобренных культурных пастбищ составляет в среднем около 2%. Влияние возрастающих норм азотных и калийных удобрений на содержание названных элементов в принципе отражается довольно сложной s-образной кривой (Демолон, 1961).

Для увеличения производства животноводческой продукции, наряду с ростом производства кормов, требуется сбалансированность их по содержанию питательных веществ, в первую очередь по белку и минеральному составу (Державин, Колокольцева, Державина, 2002).

Из-за несбалансированности по белку питательные вещества кормов усваиваются животными не более чем на 70 – 75 %. В то же время организация сбалансированного кормления позволяет достоверно увеличить молочную продуктивность (Державина, Алексеева, Балачадрян, 1999).

Содержание протеина является одним из важнейших показателей качества кормов. Несмотря на разнокачественность и противоречивость литературных данных по этому вопросу, можно считать 13 -15%-ное содержание сырого протеина к сухой массе оптимальным для большинства групп крупного рогатого скота (Небольсин, Небольсина, 1996).

Так, по данным В.И. Гусева (2000), внесение N и NPK повышало содержание протеина в сене. При дозах азота 240 кг/га содержание протеина в корме может повышаться на 2 – 4%.

По данным М.С. Рогова (1976), сбор сырого протеина без внесения удобрений составил 4,06 ц/га, при внесении РК – 4,33, N<sub>120</sub> – 11,65; N<sub>240</sub> – 16,26; N<sub>360</sub> – 17,31 ц/га. Повышение содержания протеина в корме и его сбора под влиянием азотных удобрений отмечается и другими авторами (Меркушева и др., 1997; Трофимова и др., 2001).

В среднем внесение каждых 10 кг азота повышает содержание протеина в сухой массе злаковых трав на 0,25%. Малые и умеренные нормы азотных удобрений (до 90 кг на 1 га) существенно повышают урожайность, но не увеличивают содержание протеина. Наблюдаемое в большинстве опытов небольшое снижение протеина (до 2%) при таких дозах вполне закономерно объясняется «ростовым» разбавлением.

Азотные удобрения не оказывают существенного влияния на соотношение аминокислот и, таким образом, не повышают биохимической ценности содержащихся белков.

Оптимальный уровень содержания протеина в травах наблюдается при внесении азотных удобрений в интервале 120 – 210 кг азота на 1 га.

В интервале норм азотных удобрений 200 – 250 кг/га возникает реальная опасность избыточного накопления нитратов в кормах.

Кроме азотных удобрений, на содержание нитратов большое влияние оказывают дробность их внесения, условия освещения, обеспеченность влагой, микроэлементами, уровень реакции почвы. Резкий дефицит калия при высоком уровне обеспеченности азотом также может привести к избыточному накоплению нитратов.

Качество корма сеяных сенокосов на 77 – 82% зависит от уровня минерального питания и срока использования травостоя (Тюльдюков, Прудников, 1998).

По данным Д.А. Иванова, М.В. Ивановой (1986), с увеличением доз азота значительно повышается содержание сырого протеина, сырой золы, сырого жира, калия, магния, натрия.

Результатами исследований М.Г. Меркушевой, Л.Л. Убугунова (1994) показано, что внесение азота увеличивало в многолетних травах содержание сырого протеина, снижало БЭВ и мало влияло на количество сырой клетчатки и сырого жира. Азотные удобрения существенно повышали содержание нитратов в растительной массе.

Данные о влиянии удобрений на содержание клетчатки в корме часто противоречивы. По утверждению одних авторов (Сиряев, 1986), под действием высоких доз азотных удобрений содержание ее снижается, другие (Демин, Ша-

лов, 1997) подтверждают, что содержание сырой клетчатки в кормовых культурах практически не зависит от доз минеральных и органических удобрений.

Результаты исследований многих авторов свидетельствуют об увеличении содержания каротина в растительной продукции при внесении азотных удобрений (Монтосов, 1988; Белоус, 2000; Уваров, Ненайденко, 2004; Benton, 1984). В то же время фосфорные и калийные удобрения существенного влияния на этот показатель не оказали (Сиряев, 1986).

Содержание нитратов в растениеводческой продукции зависит не только от доз минеральных и органических удобрений, но и от почвенно-климатических условий, освещенности, соблюдения необходимых условий при хранении продукции. Наиболее высокая концентрация нитратов в тканях растений отмечается на ранних стадиях развития. К времени уборки урожая содержание нитратов в продукции уменьшается в 2 – 15 раз (Демин, 1985; Шамрай, 1988).

По данным Ю.Н. Трубникова (2006) в благоприятные по погодным условиям годы наиболее эффективными были варианты с повышенной дозой всех элементов ( $N_{90}P_{90}K_{90}$ ). Многолетними исследованиями также установлено (Кулаков, 2005), что подкормка травостоев полным минеральным удобрением позволяет получать пастбищный корм, соответствующий зоотехническим требованиям для молочного скота.

Фосфор и калий, повышая активность нитратредуктазы и способствуя синтезу углеводов и органических кислот, влияют на интенсивность процессов связывания нитратов в органические соединения (Кузина, Мочалова, Покровская, 1985).

Агротехнические мероприятия оказывают слабое влияние на показатели качества корма (Шаповалов, 2006).

Элементный состав продуктов и кормов – важнейший показатель их биологического качества – в значительной степени варьирует в зависимости от агрохимического состояния почвы и применения различных систем удобрения (Тихомирова, 2003).

На интенсивность поступления элементов в растения отрицательное действие часто оказывает антагонизм между катионами: между Са и Mg, Са и К, К

и Na, и другими элементами. Взаимодействия между микроэлементами, наблюдающиеся в самих растениях, могут быть то антагонистическими, то синергетическими (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Значение оптимального содержания в сельскохозяйственной продукции основных макроэлементов – азота, фосфора и калия – общеизвестно. Слишком обильное азотное питание растений создает опасность накопления в продуктах избытка нитратов, вызывающего отравление человека, заболевание анемией. Высокие дозы азотных удобрений, вносимые на пастбищах, увеличивают содержание сырого протеина в травах и уменьшают содержание растворимых углеводов, что влияет на образование в рубце коров повышенных количеств аммиака, затрудняющих всасывание магния стенками кишечника.

Чрезмерно высокие дозы калийных удобрений приводят к нежелательным изменениям в минеральном составе растений: снижается содержание кальция и магния, а также натрия, отношение К к сумме Ca + Mg становится выше 2,2, а К : Na – более 5,0, то есть выше нормы (Анспок, 1988).

Одновалентный катион  $K^+$  поглощается и аккумулируется клетками растений быстрее и в большей степени, чем  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  (Влияние удобрений ..., 1969).

Повышенные дозы калийных удобрений, несбалансирование с дозами других элементов, вызывают увеличение содержания в растениях марганца, иногда цинка, недопустимое повышение нитратов в сельскохозяйственной продукции, но снижают содержание бора. ПДК  $K_2O$  в кормах – 2,5 – 3,0% (Анспок, 1988).

Процесс поступления магния в растения ослабляют высокие дозы калия. Внесение  $K_{120}$  резко увеличивало в сене концентрацию калия, но содержание магния при этом было менее 2,0 г/кг, что недостаточно для полноценного корма животных (Кулаковская, 1978).

Катионы кальция оказывают сильное антагонистическое действие по отношению к другим катионам (Na, K), в том числе к Mg. По этой причине применение известковых материалов с низким содержанием магния (известняковой муки, мела) может приводить к снижению содержания магния в растениях и сельскохозяйственной продукции (Козловский и др., 1983).

На дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах при достижении путем известкования уровня  $pH > 6,0$  наиболее благоприятное соотношение  $Ca : K$  находится в пределах 15 – 17, что возможно при содержании  $K_2O$  в почве не менее 17 – 20 мг/100 г почвы (Кулаковская, 1978).

Важнейший аспект биологического качества сельскохозяйственной продукции – это содержание в ней микроэлементов. В действии каждого микроэлемента на живые организмы много общего: они входят в состав ряда белковых катализаторов – ферментов или активизируют их деятельность в многочисленных превращениях, постоянно протекающих в живом растении. Оптимальное содержание цинка в пастбищных растениях находится в пределах 20 – 60 мг/кг сухого вещества (Федюшкин, 1989).

Цинк препятствует накоплению кадмия в растениях, так как они конкурируют за одни и те же участки поглощения ионов на корнях растений (Лукин и др., 2000).

Содержание меди в кормовых травах должно быть не менее 5 (Анспок, 1978), а в растениях райграса – не менее 8 мг/кг сухого вещества (Влияние удобрений..., 1969).

Поступление в растения меди уменьшают высокие дозы азотных удобрений (Ведение ..., 1969).

Азотные удобрения повышали содержание протеина с 17 – 18% на контроле и РК до 20 – 23%, клетчатки на 0,8- 1,5%, а кормовых единиц до 0,8 0,89 против 0,77 на участке без удобрения (Панферов, 2008).

Возрастающие дозы азотных удобрений в целом увеличивали в корме содержание сухого вещества на 1,0 – 15%, сырой золы на 0,8 – 2,8%; снижали количество сырой клетчатки с 31,9 до 27,8%; в виде тенденции увеличивали содержание сырого жира и уменьшали количество водорастворимых углеводов. Возрастало содержание общего азота и сырого протеина (Уланов, Царенко, 2008).

Для устранения опасности накопления нитратов в корме применение удобрений должно обеспечивать равномерность рассева их, не допускать наличия куч удобрений на пастбищах (Зотов, Семенов, 2006).

Под действием  $N_{90}P_{60}$  сбор сырого белка увеличивался на 90,3 кг/га, при внесении  $N_{90}P_{60}K_{60}$  – 110,4 кг/га (Бутуханов, 2006).

При дозах азота 240 кг/га содержание протеина в корме может повышаться на 2 – 4% (Кутузова, Игловиков, 1976).

Исследованиями ряда авторов (Макарцев, 1999; Uhliar, 1971) отмечается, что азотные удобрения способствуют увеличению содержания каротина в кормовых растениях.

По качественным показателям корма из злаковых трав уступают бобовым, но имеют преимущество перед разнотравьем (Бутуханов, 2006; Соколов, Замана, Федорковский, 2006). Более низкое содержание белка по сравнению с бобовыми дает значительно меньший выход его с 1 га. Кострец безостый в опытах А.А.Моисеева (2006) обеспечивал в 3 раза меньший его выход с 1 га по сравнению с козлятником и люцерной.

В целом фосфорно-калийные удобрения повышают не только урожайность бобово-злаковых травостоев, но и изменяют качественный состав получаемых кормов (Меркушева, Убугунов, Лаврентьева, 2000).

Корма должны быть обеспечены протеином, витаминами, углеводами, калием, фосфором и другими элементами питания. Главный показатель качества корма – протеин, который необходим животным в любом возрасте. По мнению ряда авторов, внесение фосфорно-калийных удобрений способствует накоплению как белка, так и общего азота. Так, например, в трехлетних исследованиях ВНИИ кормов благодаря применению фосфорно-калийных удобрений количество бобовых растений в бобово-злаковом травостое увеличилось на 8 – 12%, а содержание сырого протеина в корме соответственно со 197 до 200 – 205 г на 1 корм. ед. При этом валовой сбор протеина возрос с 629 кг на контроле без удобрений до 932 – 1027 кг по фону  $P_{60}K_{120}$  (Алтунин, 1983). В Карачаево-Черкесской автономной области в среднегорном поясе на луговых почвах, характеризующихся низким содержанием фосфора и средним калия, в среднем за 5 лет при внесении  $P_{60}K_{90}$  и извести 6 т/га разнотравно-злаковый травостой превратился в бобово-злаково-разнотравный; количество ценных бобовых трав возросло с 4 до 41%, содержание в сене сырого белка – с 9 до

15,8% (Толстоусов, 1987). Другие исследователи утверждают, что внесение фосфорно-калийных удобрений либо вообще не влияет, либо оказывает незначительное воздействие на содержание белка в бобово-злаковых травостоях (Макаренко, 1990; Убугунов, Хышигжаргал, 1993; Меркушева, Убугунов, Лаврентьева, 2000).

Кроме протеина, фосфорно-калийные удобрения оказывают влияние на содержание микроэлементов, клетчатки и витаминов. Есть свидетельства об увеличении содержания данных веществ в растениях под действием минеральных удобрений (Костина, 1987; Серебренников, Кокорин, 1987). При внесении фосфорно-калийных удобрений в дозе  $P_{60}K_{120}$  и извести 6 т/га на бобово-злаковом травостое содержание в сене фосфора увеличилось с 0,009 до 0,27%, Са – с 0,62 до 1,36%, при увеличении доз калия с 60 до 180 кг/га содержание клетчатки в сене возрастало на 2,9 – 5,7%, а количество кальция снижалось. Однако неблагоприятное соотношение  $K : (Ca+Mg)$  отмечено только при внесении  $K_{180}$  (предельное соотношение к сумме Са и Mg равно 2 – 2,4). Применение азотно-фосфорных и калийных удобрений способствовало увеличению в зеленых листьях количества каротина, аскорбиновой кислоты и хлорофилла (Каджюлис, 1997; Толстоусов, 1987).

Некоторые исследования показывают, что фосфорно-калийные удобрения незначительно влияют (а в больших дозах даже снижают) на уровень накопления клетчатки в растениях, на количество безазотистых веществ, на содержание сахаров и основных макроэлементов. Можно, однако, отметить тенденцию к увеличению данных соединений при высоких дозах элементов, что, по-видимому, обуславливается лучшим развитием в данном случае бобовых видов (Макаренко, 1990; Убугунов, Хышигжаргал, 1993; Меркушева, Убугунов, Лаврентьева, 2000).

Так, результаты исследований П.С. Макаренко (1990) показывают, что содержание сырого жира на контроле и удобренных делянках колебалось от 2,92 до 3,28% (двойная доза фосфора по сравнению с одинарной повышала содержание жира на 0,22%, тогда как тройная доза снижала на 0,32%; удвоение дозы калия повышало содержание жира на 0,54%, при высоких дозах процент жира практически не менялся), сырой клетчатки – от 29,9 до 32,2%, сырой золы – от 8,1 до 8,52%, количество обменной энергии и питательность 1 кг массы

корма составляли соответственно 8,9 – 9,2 МДж и 0,63 – 0,67 кормовых единиц. А.М. Серебренников, Л.А. Кокорин (1987) констатируют, что при применении фосфорных удобрений не всегда удается заметить действие фосфатов на содержание фосфора. И только на очень бедных почвах возможно заметное их действие на содержание фосфора в растениях.

По мнению В.А. Демина, А.Н. Васильева (1996) применение высоких доз фосфорно-калийных удобрений способствует заметному снижению количества сахаров в травах (с 92,5 до 71,1 г/кг). Воздействие фосфорно-калийных удобрений на качество сена смешанных травостоев проявляется также в повышении активности нитратредуктазы. Кроме этого, способствуя синтезу углеводов и органических кислот, они влияют на интенсивность процессов связывания нитратов в органические соединения. Фосфорные удобрения оказывают положительное действие на снижение синильной кислоты в кормах. Так, по данным Кишиневского СХИ, содержание синильной кислоты в зеленой массе суданской травы в фазу выбрасывания метелок при внесении фосфорных удобрений снижалось в сравнении с контролем с 28,9 до 22,7 мг % в 1 кг сырой массы (Толстусов, 1987; Демин, Шалов, 1997).

### ***3.3. Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на элементный состав сена многолетних трав***

Приемы поверхностного и коренного улучшения слабо влияли на элементный состав сена. Наибольшее влияние на содержание элементов в корме оказали минеральные удобрения (табл. 12).

Независимо от фона обработки почвы, содержание азота в сене как 1-го, так и 2-го укоса довольно высокое (1,47 – 2,47%). На контрольном варианте этот показатель ниже (1,10 – 1,40%). Повышение дозы азотного и калийного удобрения в составе НРК увеличивало содержание азота в корме на всех фонах обработки почвы.

Калийные удобрения в составе НРК оказывали существенное влияние на

содержание калия в корме. Возрастающие дозы К-удобрений приводили к увеличению содержания калия в сене, причем при дозах  $K_{90}$ ,  $K_{135}$  и  $K_{180}$  на фоне  $N_{90}P_{120}$  в сене 1-го укоса этот показатель превышал зоотехническую норму (3%) на всех изучаемых фонах обработки почвы. В сене 2-го укоса такой зависимости не отмечено. Содержание фосфора в сене многолетних трав являлось оптимальным и практически не зависело от применения минеральных удобрений.

На уровне оптимальных значений отмечено содержание Ca (0,47 – 0,64%) и Mg (0,22 – 0,42%).

Отношение Ca : P находилось в интервале 1,46 – 2,52 при оптимуме 1,5 – 3,0.

Отношение К к сумме Ca + Mg на контрольном варианте значительно ниже оптимального значения (2,2) как на естественном травостое, так и при применении обработок почвы. Применение минеральных удобрений приводило к увеличению этого показателя выше оптимума. В сене 2-го укоса это значение несколько ниже.

Таблица 12

Содержание элементов минерального питания в сене многолетних трав (среднее за 1995- 2007 гг.). Естественный травостой

| Вариант                | Содержание в воздушно-сухом веществе, % |      |      |      |      | Ca:Mg | Ca:P | K:(Ca+Mg) |
|------------------------|---|------|------|------|------|-------|------|-----------|
|                        | N                                       | P    | K    | Ca   | Mg   |       |      |           |
| 1-й укос               |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль               | 1,40                                    | 0,21 | 1,56 | 0,53 | 0,39 | 1,36  | 2,52 | 1,69      |
| $P_{90}K_{60}$         | 1,58                                    | 0,33 | 1,81 | 0,55 | 0,36 | 1,53  | 1,67 | 1,98      |
| $N_{60}P_{90}K_{60}$   | 1,75                                    | 0,32 | 2,10 | 0,54 | 0,34 | 1,59  | 1,68 | 2,38      |
| $N_{60}P_{90}K_{90}$   | 2,11                                    | 0,32 | 2,29 | 0,58 | 0,29 | 2,00  | 1,81 | 2,63      |
| $N_{60}P_{90}K_{120}$  | 2,20                                    | 0,34 | 2,30 | 0,60 | 0,27 | 2,20  | 1,76 | 2,64      |
| $P_{120}K_{90}$        | 1,74                                    | 0,32 | 2,00 | 0,53 | 0,34 | 1,56  | 1,66 | 2,29      |
| $N_{90}P_{120}K_{90}$  | 2,57                                    | 0,36 | 2,79 | 0,57 | 0,29 | 1,96  | 1,58 | 3,24      |
| $N_{90}P_{120}K_{135}$ | 2,44                                    | 0,34 | 3,20 | 0,59 | 0,27 | 2,18  | 1,73 | 3,72      |
| $N_{90}P_{120}K_{180}$ | 2,47                                    | 0,35 | 3,20 | 0,59 | 0,26 | 2,26  | 1,68 | 3,72      |
| 2-й укос               |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль               | 1,38                                    | 0,20 | 1,60 | 0,47 | 0,37 | 1,27  | 2,35 | 1,90      |
| $P_{90}K_{60}$         | 1,57                                    | 0,32 | 1,90 | 0,50 | 0,35 | 1,43  | 1,56 | 2,23      |
| $N_{60}P_{90}K_{60}$   | 1,63                                    | 0,35 | 2,08 | 0,50 | 0,29 | 1,72  | 1,43 | 2,63      |
| $N_{60}P_{90}K_{90}$   | 1,73                                    | 0,34 | 2,31 | 0,52 | 0,25 | 2,08  | 1,53 | 3,00      |
| $N_{60}P_{90}K_{120}$  | 1,84                                    | 0,38 | 2,37 | 0,58 | 0,24 | 2,41  | 1,53 | 2,89      |
| $P_{120}K_{90}$        | 1,50                                    | 0,31 | 1,91 | 0,50 | 0,34 | 1,47  | 1,61 | 2,27      |
| $N_{90}P_{120}K_{90}$  | 1,75                                    | 0,33 | 2,36 | 0,54 | 0,28 | 1,92  | 1,64 | 2,87      |
| $N_{90}P_{120}K_{135}$ | 1,82                                    | 0,37 | 2,36 | 0,56 | 0,25 | 2,24  | 1,51 | 2,91      |
| $N_{90}P_{120}K_{180}$ | 1,92                                    | 0,37 | 2,38 | 0,57 | 0,22 | 2,59  | 1,54 | 3,01      |

## Дискование

| Вариант   | Содержание в воздушно-сухом веществе, % |      |      |      |      | Ca:Mg | Ca:P | K:(Ca+Mg) |
|---|---|------|------|------|------|-------|------|-----------|
|   | N                                       | P    | K    | Ca   | Mg   |       |      |           |
| 1-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,52                                    | 0,25 | 1,42 | 0,50 | 0,40 | 1,25  | 2,00 | 1,58      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 2,07                                    | 0,33 | 2,26 | 0,57 | 0,38 | 1,50  | 1,73 | 2,37      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 2,31                                    | 0,33 | 2,45 | 0,59 | 0,28 | 2,11  | 1,78 | 2,81      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 2,37                                    | 0,38 | 2,90 | 0,62 | 0,25 | 2,48  | 1,63 | 3,33      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 2,36                                    | 0,37 | 2,94 | 0,64 | 0,25 | 2,56  | 1,72 | 3,30      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,82                                    | 0,32 | 2,48 | 0,55 | 0,31 | 1,77  | 1,72 | 2,88      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 2,23                                    | 0,34 | 2,98 | 0,63 | 0,29 | 2,17  | 1,85 | 3,23      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 2,36                                    | 0,35 | 3,01 | 0,59 | 0,25 | 2,36  | 1,68 | 3,58      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 2,40                                    | 0,37 | 3,32 | 0,59 | 0,25 | 2,36  | 1,59 | 3,95      |
| 2-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,30                                    | 0,31 | 1,54 | 0,48 | 0,40 | 1,20  | 1,55 | 1,75      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 1,47                                    | 0,30 | 1,94 | 0,55 | 0,34 | 1,62  | 1,83 | 2,17      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 1,69                                    | 0,31 | 2,22 | 0,62 | 0,26 | 2,38  | 2,00 | 2,52      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 2,03                                    | 0,33 | 2,27 | 0,64 | 0,22 | 2,91  | 1,94 | 2,63      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 2,45                                    | 0,37 | 2,26 | 0,63 | 0,22 | 2,86  | 1,70 | 2,65      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,98                                    | 0,30 | 2,10 | 0,56 | 0,36 | 1,56  | 1,87 | 2,28      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 2,19                                    | 0,32 | 2,24 | 0,60 | 0,29 | 2,06  | 1,87 | 2,51      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 2,20                                    | 0,36 | 2,42 | 0,64 | 0,26 | 2,46  | 1,78 | 2,68      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 2,22                                    | 0,36 | 2,50 | 0,64 | 0,22 | 2,91  | 1,78 | 2,91      |

## Обработка раундапом 5 л/га

| Вариант   | Содержание в воздушно-сухом веществе, % |      |      |      |      | Ca:Mg | Ca:P | K:(Ca+Mg) |
|---|---|------|------|------|------|-------|------|-----------|
|   | N                                       | P    | K    | Ca   | Mg   |       |      |           |
| 1-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,50                                    | 0,27 | 1,21 | 0,50 | 0,41 | 1,22  | 1,85 | 1,33      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 1,81                                    | 0,32 | 2,14 | 0,53 | 0,39 | 1,36  | 1,65 | 2,32      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 2,10                                    | 0,35 | 2,79 | 0,58 | 0,38 | 1,52  | 1,66 | 2,90      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 2,12                                    | 0,36 | 2,81 | 0,59 | 0,37 | 1,59  | 1,64 | 2,92      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 2,30                                    | 0,35 | 3,00 | 0,59 | 0,34 | 1,73  | 1,68 | 3,22      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,81                                    | 0,32 | 2,59 | 0,58 | 0,37 | 1,57  | 1,81 | 2,72      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 2,21                                    | 0,34 | 3,14 | 0,63 | 0,33 | 1,91  | 1,85 | 3,27      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 2,21                                    | 0,35 | 3,19 | 0,58 | 0,29 | 2,00  | 1,66 | 3,67      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 2,30                                    | 0,36 | 3,29 | 0,58 | 0,27 | 2,15  | 1,61 | 3,87      |
| 2-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,10                                    | 0,35 | 1,27 | 0,52 | 0,39 | 1,33  | 1,48 | 1,39      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 1,56                                    | 0,34 | 2,13 | 0,55 | 0,37 | 1,49  | 1,62 | 2,31      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 1,61                                    | 0,37 | 2,13 | 0,55 | 0,29 | 1,89  | 1,49 | 2,53      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 1,64                                    | 0,36 | 2,19 | 0,58 | 0,27 | 2,14  | 1,61 | 2,57      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 1,72                                    | 0,37 | 2,17 | 0,56 | 0,26 | 2,15  | 1,51 | 2,64      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,67                                    | 0,36 | 1,90 | 0,60 | 0,34 | 1,76  | 1,67 | 2,02      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 2,07                                    | 0,36 | 2,35 | 0,61 | 0,29 | 2,10  | 1,69 | 2,61      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 2,11                                    | 0,36 | 2,36 | 0,59 | 0,25 | 2,36  | 1,64 | 2,81      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 2,12                                    | 0,37 | 2,41 | 0,62 | 0,26 | 2,38  | 1,67 | 2,73      |

### Обычная вспашка

| Вариант   | Содержание в воздушно-сухом веществе, % |      |      |      |      | Ca:Mg | Ca:P | K:(Ca+Mg) |
|---|---|------|------|------|------|-------|------|-----------|
|   | N                                       | P    | K    | Ca   | Mg   |       |      |           |
| 1-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,30                                    | 0,20 | 1,39 | 0,47 | 0,41 | 1,14  | 2,35 | 1,58      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 1,57                                    | 0,31 | 1,88 | 0,55 | 0,39 | 1,41  | 1,77 | 2,00      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 1,85                                    | 0,31 | 2,70 | 0,57 | 0,33 | 1,72  | 1,84 | 3,00      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 1,89                                    | 0,32 | 2,77 | 0,56 | 0,28 | 2,00  | 1,75 | 3,29      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 2,01                                    | 0,33 | 2,82 | 0,57 | 0,28 | 2,03  | 1,73 | 3,31      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,42                                    | 0,31 | 1,83 | 0,55 | 0,37 | 1,49  | 1,77 | 1,98      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 2,15                                    | 0,35 | 2,99 | 0,59 | 0,34 | 1,73  | 1,68 | 3,21      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 2,30                                    | 0,36 | 3,19 | 0,58 | 0,34 | 1,70  | 1,61 | 3,46      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 2,24                                    | 0,36 | 3,28 | 0,59 | 0,29 | 2,03  | 1,64 | 3,72      |
| 2-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,39                                    | 0,27 | 1,44 | 0,55 | 0,39 | 1,41  | 2,03 | 1,53      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 1,72                                    | 0,31 | 1,52 | 0,58 | 0,37 | 1,57  | 1,87 | 1,60      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 1,74                                    | 0,32 | 1,97 | 0,57 | 0,29 | 1,96  | 1,78 | 2,29      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 1,81                                    | 0,35 | 1,96 | 0,60 | 0,26 | 2,30  | 1,71 | 2,27      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 1,90                                    | 0,40 | 1,99 | 0,62 | 0,25 | 2,48  | 1,55 | 2,28      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,63                                    | 0,33 | 1,51 | 0,56 | 0,36 | 1,55  | 1,70 | 1,64      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 2,00                                    | 0,34 | 1,87 | 0,59 | 0,34 | 1,73  | 1,73 | 2,01      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 2,19                                    | 0,35 | 1,98 | 0,60 | 0,29 | 2,07  | 1,71 | 2,22      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 2,22                                    | 0,41 | 2,09 | 0,60 | 0,27 | 2,22  | 1,46 | 2,40      |

### 2-х ярусная вспашка

| Вариант   | Содержание в воздушно-сухом веществе, % |      |      |      |      | Ca:Mg | Ca:P | K:(Ca+Mg) |
|---|---|------|------|------|------|-------|------|-----------|
|   | N                                       | P    | K    | Ca   | Mg   |       |      |           |
| 1-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,34                                    | 0,25 | 1,42 | 0,50 | 0,42 | 1,19  | 2,00 | 1,54      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 1,83                                    | 0,33 | 2,30 | 0,56 | 0,35 | 1,60  | 1,69 | 2,52      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 2,24                                    | 0,34 | 2,56 | 0,58 | 0,30 | 1,93  | 1,70 | 2,90      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 2,32                                    | 0,35 | 2,74 | 0,58 | 0,26 | 2,23  | 1,65 | 3,26      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 2,35                                    | 0,37 | 2,91 | 0,59 | 0,25 | 2,36  | 1,59 | 3,46      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,92                                    | 0,34 | 2,46 | 0,55 | 0,36 | 1,53  | 1,62 | 2,70      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 2,21                                    | 0,39 | 3,00 | 0,62 | 0,34 | 1,82  | 1,59 | 3,12      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 2,36                                    | 0,41 | 3,19 | 0,60 | 0,32 | 1,87  | 1,46 | 3,46      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 2,41                                    | 0,40 | 3,24 | 0,60 | 0,29 | 2,07  | 1,50 | 3,64      |
| 2-й укос  |   |      |      |      |      |       |      |           |
| Контроль  | 1,30                                    | 0,22 | 1,82 | 0,43 | 0,41 | 1,05  | 1,95 | 2,17      |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 1,57                                    | 0,21 | 1,95 | 0,48 | 0,40 | 1,20  | 2,28 | 2,21      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 1,58                                    | 0,28 | 2,24 | 0,49 | 0,37 | 1,32  | 1,75 | 2,60      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 1,63                                    | 0,29 | 2,33 | 0,51 | 0,36 | 1,42  | 1,76 | 2,67      |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 1,65                                    | 0,30 | 2,35 | 0,55 | 0,32 | 1,72  | 1,83 | 2,70      |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 1,30                                    | 0,26 | 1,92 | 0,49 | 0,35 | 1,40  | 1,88 | 2,28      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 1,64                                    | 0,24 | 2,35 | 0,54 | 0,33 | 1,64  | 2,25 | 2,70      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 1,65                                    | 0,26 | 2,36 | 0,58 | 0,29 | 2,00  | 2,23 | 2,71      |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 1,67                                    | 0,33 | 2,37 | 0,61 | 0,28 | 2,18  | 1,85 | 2,66      |

Таким образом, на основании вышеизложенного можно констатировать, что последовательно возрастающие дозы калийного удобрения в составе NPK, особенно в первом укосе многолетних злаковых трав при многолетнем систематическом применении минеральных удобрений, способствуют повышению содержания калия в корме до значений, превышающих норматив (3,0%). Это в свою очередь приводит к изменению соотношения  $K:(Ca+Mg)$  в сторону увеличения до уровней, превышающих установленный норматив (2,2), что снижает качество получаемых кормов.

#### ***3.4. Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на качественные показатели сена многолетних трав***

Комплексное проведение культуртехнических мероприятий способствовало улучшению качественных показателей корма. Так, минеральные удобрения увеличивали содержание кормовых единиц в сене независимо от способа улучшения лугов по сравнению с контрольным вариантом, при этом различия от действия минеральных удобрений были довольно значительны и изменялись по вариантам опыта от 0,50 до 0,59 в первом укосе и от 0,51 до 0,61 к. ед. во втором (табл. 13).

Независимо от видов обработки почвы, возрастающие дозы калийного удобрения в составе NPK увеличивали содержание сырой золы и клетчатки.

Наибольшее влияние на содержание переваримого протеина и каротина в сене многолетних трав оказало полное минеральное удобрение. Повышение дозы калия в составе NPK увеличивало этот показатель на всех вариантах.

Возрастающие дозы калийного удобрения в составе NPK способствовали увеличению содержания сырого протеина в сене многолетних трав первого и второго укоса.

Таблица 13

Влияние минеральных удобрений на качество сена многолетних трав.  
Естественный травостой

| Вариант   | К.ед. | Сырая зола,% | Клетчатка,% | Сырой протеин | БЭВ,% | Каротин, мг/кг | Перев. протеин, г/кг | Нитраты, мг/кг |
|---|-------|--------------|-------------|---------------|-------|----------------|----------------------|----------------|
| 1-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,51  | 6,87         | 25,97       | 8,76          | 47,2  | 16             | 47,50                | 524            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,57  | 8,35         | 28,16       | 9,88          | 49,10 | 20             | 65,00                | 544            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,56  | 8,39         | 28,79       | 10,92         | 43,61 | 24             | 65,32                | 709            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,56  | 8,18         | 29,74       | 13,20         | 40,83 | 26             | 79,13                | 717            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,57  | 7,82         | 28,61       | 13,80         | 40,70 | 25             | 76,27                | 740            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,57  | 8,02         | 27,94       | 10,85         | 45,58 | 21             | 71,75                | 558            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,56  | 7,86         | 29,40       | 16,11         | 43,82 | 25             | 94,84                | 776            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,56  | 9,39         | 28,05       | 15,30         | 42,51 | 26             | 85,82                | 781            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,57  | 9,25         | 27,80       | 15,45         | 47,29 | 26             | 91,12                | 1009           |
| 2-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,50  | 7,31         | 27,57       | 8,64          | 42,10 | 15             | 43,85                | 499            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,50  | 8,29         | 29,84       | 9,81          | 46,44 | 17             | 48,43                | 526            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,53  | 7,95         | 31,26       | 9,82          | 35,73 | 19             | 88,45                | 695            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,55  | 7,29         | 28,55       | 10,18         | 41,00 | 21             | 112,71               | 705            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,55  | 7,90         | 34,50       | 11,49         | 46,34 | 23             | 81,22                | 721            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,53  | 7,29         | 28,27       | 9,38          | 45,79 | 16             | 64,15                | 537            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,54  | 8,68         | 29,07       | 10,91         | 42,04 | 23             | 96,45                | 730            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,56  | 8,11         | 31,43       | 11,37         | 45,85 | 24             | 84,85                | 753            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,56  | 8,49         | 33,42       | 11,99         | 43,15 | 24             | 102,03               | 762            |

## Дискование

| Вариант   | К.ед. | Сырая зола,% | Клетчатка,% | Сырой протеин | БЭВ,% | Каротин, мг/кг | Перев. протеин, г/кг | Нитраты, мг/кг |
|---|-------|--------------|-------------|---------------|-------|----------------|----------------------|----------------|
| 1-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,52  | 6,41         | 26,72       | 9,50          | 41,72 | 14             | 49,34                | 473            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,54  | 8,55         | 25,35       | 12,90         | 45,79 | 21             | 60,02                | 531            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,56  | 7,10         | 30,24       | 14,41         | 42,52 | 23             | 84,55                | 729            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,57  | 7,79         | 28,77       | 14,80         | 41,23 | 25             | 79,02                | 731            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,58  | 7,11         | 30,56       | 14,73         | 44,31 | 29             | 78,00                | 746            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,55  | 8,49         | 27,08       | 11,35         | 46,12 | 20             | 68,45                | 523            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,59  | 8,47         | 31,20       | 13,93         | 42,82 | 28             | 91,05                | 749            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,59  | 9,45         | 30,18       | 14,71         | 43,13 | 28             | 82,14                | 748            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,58  | 9,57         | 28,77       | 14,97         | 41,24 | 29             | 76,99                | 785            |
| 2-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,53  | 8,05         | 29,17       | 8,13          | 43,70 | 17             | 48,25                | 471            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,55  | 8,30         | 32,36       | 9,19          | 40,05 | 23             | 48,76                | 536            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,57  | 8,77         | 32,73       | 10,56         | 35,70 | 24             | 76,37                | 718            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,58  | 7,85         | 29,89       | 12,65         | 38,01 | 24             | 84,23                | 724            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,58  | 8,14         | 31,42       | 15,30         | 40,90 | 27             | 88,72                | 742            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,53  | 8,06         | 32,81       | 12,36         | 43,52 | 23             | 54,65                | 526            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,58  | 8,03         | 32,64       | 13,65         | 42,48 | 27             | 70,20                | 742            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,58  | 7,57         | 32,28       | 13,71         | 42,31 | 26             | 78,86                | 751            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,58  | 8,08         | 32,08       | 13,85         | 45,92 | 26             | 73,32                | 766            |

### Обработка раундапом 5 л/га

| Вариант   | К.ед. | Сырая зола,% | Клетчатка,% | Сырой протеин | БЭВ,% | Каротин, мг/кг | Перев. протеин, г/кг | Нитраты, мг/кг |
|---|-------|--------------|-------------|---------------|-------|----------------|----------------------|----------------|
| 1-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,52  | 6,58         | 28,23       | 9,36          | 44,70 | 18             | 52,57                | 510            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,56  | 7,13         | 30,42       | 11,29         | 46,82 | 23             | 60,88                | 542            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,58  | 7,16         | 29,82       | 13,09         | 44,34 | 32             | 79,67                | 718            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,58  | 8,43         | 30,75       | 13,20         | 43,52 | 24             | 91,87                | 735            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,59  | 9,05         | 29,84       | 14,31         | 44,44 | 25             | 92,58                | 758            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,56  | 7,29         | 31,00       | 11,30         | 43,39 | 23             | 54,57                | 543            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,57  | 8,71         | 29,83       | 13,80         | 41,48 | 26             | 80,75                | 776            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,58  | 9,45         | 29,85       | 13,78         | 42,45 | 26             | 98,54                | 781            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,58  | 9,75         | 29,64       | 14,33         | 39,89 | 26             | 98,16                | 819            |
| 2-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,52  | 6,48         | 28,38       | 6,88          | 40,74 | 17             | 56,29                | 483            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,54  | 7,13         | 32,05       | 9,74          | 43,58 | 19             | 51,42                | 517            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,55  | 7,10         | 31,73       | 10,10         | 36,45 | 21             | 70,32                | 678            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,56  | 7,23         | 30,10       | 10,20         | 46,42 | 24             | 85,42                | 681            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,56  | 7,12         | 29,68       | 10,75         | 42,83 | 28             | 86,88                | 735            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,53  | 6,58         | 31,08       | 10,43         | 44,20 | 20             | 57,96                | 533            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,58  | 6,52         | 29,71       | 12,93         | 42,37 | 28             | 85,98                | 735            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,57  | 7,68         | 30,65       | 13,18         | 43,71 | 29             | 98,25                | 765            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,59  | 7,34         | 29,94       | 13,24         | 45,29 | 29             | 96,50                | 783            |

### Обычная вспашка

| Вариант   | К.ед. | Сырая зола,% | Клетчатка,% | Сырой протеин | БЭВ,% | Каротин, мг/кг | Перев. протеин, г/кг | Нитраты, мг/кг |
|---|-------|--------------|-------------|---------------|-------|----------------|----------------------|----------------|
| 1-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,52  | 6,04         | 27,30       | 8,13          | 48,91 | 18             | 44,45                | 501            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,56  | 7,10         | 29,10       | 9,79          | 45,89 | 32             | 60,14                | 519            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,59  | 7,20         | 29,60       | 11,55         | 45,81 | 35             | 84,70                | 714            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,58  | 7,63         | 30,48       | 11,80         | 43,94 | 36             | 81,26                | 739            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,59  | 8,31         | 29,28       | 12,55         | 41,52 | 36             | 83,37                | 749            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,56  | 7,54         | 29,30       | 8,88          | 48,42 | 22             | 56,20                | 583            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,59  | 8,33         | 31,62       | 13,42         | 41,13 | 28             | 82,37                | 791            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,58  | 8,81         | 32,31       | 14,36         | 39,21 | 30             | 83,12                | 771            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,59  | 8,97         | 32,72       | 13,98         | 39,89 | 26             | 80,94                | 870            |
| 2-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,51  | 6,78         | 26,27       | 8,66          | 43,85 | 19             | 52,74                | 499            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,53  | 7,31         | 29,63       | 10,71         | 41,10 | 21             | 64,21                | 502            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,59  | 7,25         | 28,57       | 10,85         | 44,54 | 25             | 84,10                | 746            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,56  | 7,36         | 28,07       | 11,29         | 42,68 | 25             | 82,20                | 724            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,56  | 8,45         | 27,41       | 11,85         | 41,63 | 27             | 88,45                | 735            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,56  | 6,97         | 27,50       | 10,11         | 42,94 | 20             | 73,25                | 543            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,58  | 7,22         | 28,16       | 12,48         | 42,48 | 25             | 95,70                | 751            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,61  | 6,98         | 29,19       | 13,61         | 46,66 | 26             | 85,90                | 759            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,61  | 8,00         | 29,63       | 13,83         | 44,78 | 25             | 94,71                | 795            |

## 2-х ярусная вспашка

| Вариант   | К.ед. | Сырая зола,% | Клетчатка,% | Сырой протеин | БЭВ,% | Каротин, мг/кг | Перев. протеин, г/кг | Нитраты, мг/кг |
|---|-------|--------------|-------------|---------------|-------|----------------|----------------------|----------------|
| 1-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,52  | 6,27         | 26,87       | 8,34          | 48,00 | 18             | 45,97                | 504            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,56  | 7,65         | 27,97       | 11,40         | 60,71 | 33             | 67,91                | 521            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,58  | 7,12         | 29,10       | 13,98         | 42,54 | 34             | 76,77                | 718            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,58  | 7,73         | 29,54       | 14,46         | 41,61 | 36             | 83,27                | 729            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,58  | 7,61         | 31,23       | 14,62         | 47,21 | 36             | 96,87                | 739            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,56  | 7,70         | 30,18       | 11,98         | 43,01 | 23             | 55,11                | 580            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,58  | 7,92         | 29,38       | 13,79         | 46,31 | 32             | 83,66                | 785            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,59  | 9,19         | 26,34       | 14,73         | 47,72 | 30             | 94,47                | 792            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,58  | 9,57         | 29,27       | 14,99         | 43,41 | 24             | 98,79                | 802            |
| 2-й укос  |       |              |             |               |       |                |                      |                |
| Контроль  | 0,52  | 8,70         | 30,05       | 8,13          | 44,72 | 19             | 48,97                | 492            |
| P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 0,56  | 8,72         | 28,08       | 9,79          | 44,38 | 20             | 61,10                | 503            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 0,58  | 9,53         | 27,20       | 9,86          | 44,76 | 26             | 67,31                | 708            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 0,58  | 8,50         | 27,88       | 10,18         | 42,68 | 25             | 79,75                | 721            |
| N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 0,59  | 8,48         | 26,72       | 10,29         | 44,00 | 28             | 85,90                | 728            |
| P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 0,54  | 7,24         | 28,08       | 8,12          | 46,12 | 18             | 54,40                | 557            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 0,57  | 8,00         | 28,07       | 10,25         | 43,56 | 25             | 78,30                | 759            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 0,58  | 8,04         | 25,70       | 10,30         | 44,10 | 27             | 84,85                | 761            |
| N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 0,60  | 8,01         | 25,60       | 10,41         | 44,42 | 26             | 90,25                | 772            |

Для оценки качества и безопасности полученной продукции в сене было определено количество нитратов. Установлено, что сено вне зависимости от способа обработки почвы и доз минеральных удобрений исключительно слабо обеспечено нитратным азотом, концентрация которого ни в одном из случаев даже не приближалась к предельно допустимой для сена (1000 мг/кг, ОСТ 10243-2000), кроме варианта 9 (N<sub>90</sub>P<sub>120</sub>K<sub>180</sub>) на естественном травостое, где содержание нитратов превышало этот показатель. Для сена 2-го укоса содержание нитратов было ниже установленного норматива.

Причин этого может быть несколько, среди которых в первую очередь следует назвать биологические особенности культур (культуры отличаются высокой скоростью метаболизма, что требует больших количеств азота для продуктивного органогенеза) и недостаточно высокую обеспеченность почвы доступными растениям азотными соединениями (дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава обычно имеют низкую обеспеченность азотом).

Отмеченную закономерность нельзя назвать однозначно положительной,

несмотря на то, что с точки зрения безопасности продукции столь низкие концентрации нитратного азота в кормах оправданы. С другой же стороны (агрономической) низкое содержание нитратного азота в растениях может быть причиной торможения ростовых процессов и синтеза азотсодержащих органических соединений.

Таким образом, проведенный анализ экспериментальных данных по влиянию комплекса агротехнических и агрохимических мероприятий на качественные показатели корма дают основание сделать краткие выводы о том, что изучаемые способы обработки почвы не оказывают заметного влияния на основные показатели качества корма. Так, на содержание азота в сене многолетних трав оказывали влияние азотные и калийные удобрения, при этом возрастающие дозы калия в составе NPK как в первом, так и во втором укосах способствовали повышению содержания азота в сене многолетних трав.

Калийные удобрения в составе NPK повышали содержание калия в сене многолетних трав первого укоса, которое при повышении доз калия от 90 до 180 кг/га на фоне  $N_{90}P_{120}$  может превышать зоотехнический норматив (3%).

Соотношение Ca : Mg и Ca : P в сене многолетних трав по изучаемым вариантам и фонам обработки почвы не превышает оптимальных значений.

Отношение K к сумме Ca + Mg поддерживалось на уровнях, близких к оптимальному значению при внесении полного минерального удобрения при соотношении N : P : K равном 1 : 0,75 : 1. Повышение дозы калия в составе NPK независимо от способа обработки почвы приводило к увеличению этого соотношения до значений, превышающих оптимум.

Наиболее высокое содержание сырого и переваримого протеина обеспечивает полное минеральное удобрение, а возрастающие дозы калийного удобрения в составе NPK повышали эти показатели независимо от способа обработки почвы как в первом, так и во втором укосе.

Содержание нитратов в сене многолетних трав первого и второго укосов не превышало установленного норматива.

### 3.5. Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав сена многолетних трав

Биологическая ценность корма определяется не столько содержанием белка, сколько его аминокислотным составом. Ибо недостаток только одной кислоты, особенно незаменимой, ведет к перерасходу корма, сказывается на здоровье животных (Томмэ, Мартыненко, 1972; Справочник по кормовым добавкам, 1975).

Таблица 14

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав сена многолетних трав при поверхностном улучшении лугов, г/кг

| Аминокислота       | контроль    | P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub> | P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub> | N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> |
|--------------------|-------------|----------------------------------|---|---|---|-----------------------------------|--|--|--|
| <b>Незаменимые</b> |             |                                  |   |   |   |                                   |  |  |  |
| Лизин              | 4,3         | 4,4                              | 5,3   | 5,1   | 6,7   | 4,8                               | 6,2  | 6,4  | 6,2  |
| Метионин           | 2,4         | 2,6                              | 2,8   | 2,7   | 3,1   | 2,5                               | 3,2  | 3,2  | 2,9  |
| Лейцин+изолейцин   | 11,4        | 11,6                             | 12,6  | 12,2  | 13,1  | 13,3                              | 13,0   | 13,6   | 13,4   |
| Фенилаланин        | 4,4         | 4,4                              | 5,4   | 4,8   | 6,3   | 4,6                               | 6,2  | 6,8  | 6,4  |
| Треонин            | 3,2         | 3,2                              | 3,8   | 4,1   | 4,2   | 3,8                               | 4,3  | 4,6  | 4,2  |
| Валин              | 4,5         | 4,5                              | 5,1   | 5,0   | 5,3   | 4,8                               | 5,2  | 5,6  | 5,4  |
| Триптофан          | 2,3         | 2,4                              | 2,5   | 2,4   | 2,9   | 2,4                               | 2,9  | 2,9  | 2,7  |
| <b>Сумма</b>       | <b>32,5</b> | <b>33,1</b>                      | <b>37,5</b>                                       | <b>36,3</b>                                       | <b>41,6</b>                                       | <b>36,2</b>                       | <b>41,0</b>  | <b>43,1</b>  | <b>41,2</b>  |
| <b>Остальные</b>   |             |                                  |   |   |   |                                   |  |  |  |
| Цистеин            | 1,2         | 1,2                              | 1,4   | 1,6   | 1,9   | 1,3                               | 2,4  | 2,3  | 2,1  |
| Аргинин            | 4,6         | 4,8                              | 5,3   | 5,4   | 5,6   | 5,2                               | 5,7  | 5,7  | 5,5  |
| Гистидин           | 3,2         | 3,3                              | 3,6   | 3,4   | 4,2   | 3,2                               | 4,3  | 4,4  | 4,3  |
| Глицин             | 3,5         | 3,6                              | 4,1   | 4,0   | 4,4   | 3,9                               | 4,3  | 5,2  | 5,0  |
| <b>Сумма</b>       | <b>12,5</b> | <b>12,9</b>                      | <b>14,4</b>                                       | <b>14,4</b>                                       | <b>16,1</b>                                       | <b>13,6</b>                       | <b>16,7</b>  | <b>15,6</b>  | <b>16,9</b>  |
| <b>Общая сумма</b> | <b>45,0</b> | <b>46,0</b>                      | <b>51,9</b>                                       | <b>50,7</b>                                       | <b>57,7</b>                                       | <b>49,8</b>                       | <b>57,7</b>  | <b>58,7</b>  | <b>58,1</b>  |

По зоотехническим нормам для кормления животных наиболее благоприятным соотношением небелковых и белковых соединений азота является 1 : 2 или 1 : 2,5-3 (Каллимулина и др., 1974; Макарецв, 1999). В случае отклонения от указанных норм качество корма ухудшается и может оказаться вредным для здоровья животных (Скоблина, 1974).

Внесение возрастающих доз азотных удобрений оказывает влияние как на сумму заменимых и незаменимых аминокислот, так и на их состав. Особенно резко возрастает количество треонина, лейцина и фенилаланина. С ростом доз азотных удобрений увеличивается и суммарное содержание исследуемых аминокислот (Уланов, Царенко, 2008).

Таблица 15

Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав сена многолетних трав при коренном улучшении лугов, г/кг

| Аминокислота       | контроль    | P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub> | P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub> | N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> |
|--------------------|-------------|----------------------------------|---|---|---|-----------------------------------|--|--|--|
| <b>Незаменимые</b> |             |                                  |   |   |   |                                   |  |  |  |
| Лизин              | 4,2         | 4,4                              | 5,2   | 6,3   | 6,6   | 4,5                               | 6,6  | 6,8  | 6,4  |
| Метионин           | 2,3         | 2,6                              | 2,7   | 2,9   | 3,0   | 2,6                               | 3,2  | 3,4  | 2,8  |
| Лейцин+изолейцин   | 11,3        | 11,6                             | 12,4  | 13,0  | 13,1  | 11,6                              | 13,8   | 13,9   | 13,6   |
| Фенилаланин        | 4,3         | 4,6                              | 5,0   | 6,2   | 6,4   | 4,8                               | 6,8  | 7,0  | 6,6  |
| Треонин            | 3,2         | 3,4                              | 3,8   | 4,0   | 4,2   | 3,4                               | 4,4  | 4,6  | 4,2  |
| Валин              | 4,4         | 4,6                              | 5,0   | 5,2   | 5,6   | 4,6                               | 5,6  | 5,7  | 5,4  |
| Триптофан          | 2,3         | 2,3                              | 2,4   | 2,6   | 2,9   | 2,3                               | 2,9  | 2,9  | 2,7  |
| <b>Сумма</b>       | <b>32,0</b> | <b>33,5</b>                      | <b>36,5</b>                                       | <b>40,2</b>                                       | <b>41,8</b>                                       | <b>33,8</b>                       | <b>43,3</b>  | <b>44,3</b>  | <b>41,7</b>  |
| <b>Остальные</b>   |             |                                  |   |   |   |                                   |  |  |  |
| Цистеин            | 1,3         | 1,3                              | 1,4   | 1,6   | 2,0   | 1,3                               | 2,3  | 2,6  | 2,1  |
| Аргинин            | 4,6         | 4,9                              | 5,1   | 5,5   | 5,6   | 5,0                               | 5,9  | 6,1  | 5,8  |
| Гистидин           | 3,0         | 3,3                              | 3,6   | 3,8   | 4,0   | 3,5                               | 4,2  | 4,5  | 4,1  |
| Глицин             | 3,4         | 3,6                              | 3,9   | 4,2   | 4,4   | 3,6                               | 5,2  | 5,4  | 5,1  |
| <b>Сумма</b>       | <b>12,3</b> | <b>13,1</b>                      | <b>14,0</b>                                       | <b>15,1</b>                                       | <b>16,0</b>                                       | <b>13,4</b>                       | <b>17,6</b>  | <b>18,6</b>  | <b>17,1</b>  |
| <b>Общая сумма</b> | <b>44,3</b> | <b>46,6</b>                      | <b>50,5</b>                                       | <b>55,3</b>                                       | <b>57,8</b>                                       | <b>47,2</b>                       | <b>60,9</b>  | <b>62,9</b>  | <b>58,8</b>  |

В наших исследованиях аминокислотный состав сена на  $\frac{2}{3}$  представлен незаменимыми аминокислотами (табл. 14, 15). Среди них на долю лейцина + изолейцина, лизина, валина и фенилаланина приходится более половины суммы аминокислот. Следует отметить достаточно высокое содержание в сене лизина – от 4,2 до 6,8 г/кг сухого вещества.

Суммарное содержание аминокислот в сене при коренном улучшении несколько выше, чем при поверхностном.

Внесение минеральных удобрений оказывало положительное влияние на содержание аминокислот в сене многолетних трав. С возрастанием доз азота увеличивалось их содержание на всех изучаемых фонах. Возрастающие дозы калия в составе полного минерального удобрения также давали положительный эффект.

### ***3.6. Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание $^{137}\text{Cs}$ в зеленой массе трав***

В зоне радиоактивного загрязнения основным показателем качества корма является содержание в нем  $^{137}\text{Cs}$ .

На естественном травостое без применения удобрений содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе трав составили 1225 Бк/кг, что в 12,3 раза превышает нормативный показатель (В.П.13.5.13/06-01, 100 Бк/кг) (табл. 16).

Проведение поверхностного улучшения лугов (без применения удобрений) не давало значимого эффекта, содержание радионуклида в корме значительно превышало допустимые нормы. Это закономерно, так как при поверхностном улучшении  $^{137}\text{Cs}$  по-прежнему оставался в верхнем слое почвы и был доступен основной массе корней, которая здесь сосредоточена.

На фоне обычной вспашки без применения удобрений содержание цезия-137 в зеленой массе трав снижалось в 2,0 раза, на фоне 2-х ярусной – в 2,7 раза по сравнению с естественным травостоем, предположительно за счет перераспределения его в более глубокие слои почвы.

Внесение фосфорно-калийных удобрений понижало содержание радионуклида в зеленой массе до 69 – 113 Бк/кг или в 3,9 – 7,0 раза (2-х ярусная вспашка) и 74 – 168 Бк/кг или 4,9 – 11,1 раза (обработка раундапом).

Зеленый корм при внесении РК-удобрений в дозе  $\text{P}_{120}\text{K}_{180}$  уже соответствовал требованиям норматива, но урожайность зеленой массы трав при этом оставалась очень низкой.

Внесение азота в дозе 120 кг/га в дополнение к  $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$  резко повышало урожайность зеленой массы трав. Но при этом повышалось и содержание  $^{137}\text{Cs}$ ,

и трава с естественного травостоя и при поверхностном улучшении еще не пригодна на корм, так как содержание  $^{137}\text{Cs}$  достигает 295 - 388 Бк/кг, что значительно превышает допустимый уровень.

При коренном улучшении в зеленой массе трав на варианте 3 (табл. 16) содержание  $^{137}\text{Cs}$  меньше (162 - 292 Бк/кг) но и она не соответствует нормативу.

Таблица 16

Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе многолетних трав (1-й укос), в среднем за 1994 – 2007 гг.

| Вариант | Естественный травостой                            |         | Сеяная злаковая травосмесь         |         |                                    |         |                                    |         |                                    |         |      |
|---------|---|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------|
|         |   |         | обработка дернины                  |         |                                    |         | вспашка плугом                     |         |                                    |         |      |
|         | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг                | ± Бк/кг | раундапом (5л/га)                  |         | дисками                            |         | обычным                            |         | двухъярусным                       |         |      |
|         |   |         | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг |      |
| 1       | Контроль  | 1225    | -                                  | 828     | -                                  | 736     | -                                  | 584     | -                                  | 446     | -    |
| 2       | P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 239     | -986                               | 168     | -660                               | 154     | -582                               | 116     | -468                               | 113     | -333 |
| 3       | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 388     | -837                               | 326     | -502                               | 295     | -441                               | 162     | -422                               | 292     | -154 |
| 4       | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 156     | -1069                              | 134     | -694                               | 122     | -614                               | 96      | -488                               | 90      | -356 |
| 5       | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 116     | -1109                              | 95      | -733                               | 84      | -652                               | 66      | -518                               | 64      | -382 |
| 6       | P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 181     | -1044                              | 74      | -754                               | 98      | -638                               | 82      | -502                               | 69      | -377 |
| 7       | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 215     | -1010                              | 144     | -684                               | 124     | -612                               | 130     | -454                               | 116     | -330 |
| 8       | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 83      | -1142                              | 67      | -761                               | 64      | -672                               | 61      | -523                               | 55      | -391 |
| 9       | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 63      | -1162                              | 51      | -777                               | 43      | -693                               | 36      | -548                               | 30      | -416 |

Увеличение дозы калия до 180 кг/га и повышение соотношения N : K до 1 : 1.5 резко снижало содержание радионуклида в зеленой массе (в 2,0 – 3,2 раза), что делает ее пригодной на корм без всяких ограничений при коренном улучшении лугов.

Дальнейшее повышение N : K ведет к еще большему снижению содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе, и она практически соответствует нормативному показателю по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ , но это экономически нецелесообразно, так как зеленая масса и так содержит цезия значительно ниже норматива, а также налицо перерасход удобрений.

Повышение дозы фосфорно-калийных удобрений до P<sub>120</sub>K<sub>180</sub> понижает содержание цезия-137 в зеленой массе трав до 69 - 181 Бк/кг или более чем в 1,3 – 2,2 раза по сравнению с дозой P<sub>90</sub>K<sub>120</sub>.

Внесение азота в дозе 180 кг/га на фоне  $P_{90}K_{120}$  повышало содержание  $^{137}Cs$  по сравнению с фоном в 2,7 – 3,6 раза, и зеленая масса во всех вариантах содержит цезия – 137 больше контрольного уровня и непригодна для скармливания.

Повышение дозы калия с 180 до 270 кг/га резко снижает содержание радионуклида в корме, а с 270 до 360 кг/га – слабее, то есть увеличение соотношения N : K до 1 : 2 при дозе азота 180 кг/га менее эффективно.

Таким образом, получение высоких урожаев зеленой массы трав первого укоса с наименьшими затратами минеральных удобрений возможно при проведении коренного улучшения лугов (вспашки обычной, двухъярусной). При этом за один укос получают 207 – 243 ц/га зеленой массы трав при внесении  $N_{120}P_{90}K_{180}$  и корм соответствует нормативу (В.П.13.5.13/06-01) 100 Бк/кг.

Чтобы получить корм, соответствующий требованиям нормативов, при поверхностном улучшении, необходимо вносить  $N_{120}P_{90}K_{240}$ , что на 60 кг/га  $K_2O$  больше, но при этом уровень урожайности зеленой массы выше (231 – 233 ц/га).

В зеленой массе второго укоса на естественном травостое содержание  $^{137}Cs$  в контрольном варианте (без применения удобрений) составляло 1064 Бк/кг и превышало нормативный уровень в 10,6 раза (табл. 17).

При проведении поверхностного улучшения лугов содержание  $^{137}Cs$  в зеленой массе несколько снижалось (до 656 - 709 Бк/кг), однако корм по содержанию в нем радиоцезия превышал норматив в 6,6 – 7,1 раза.

При коренном улучшении лугов (обычная и двухъярусная вспашка), без применения удобрений содержание радиоцезия в зеленой массе корма снижалось по сравнению с контролем в 2,3 - 2,6 раза, но превышало норматив в 4,2 – 4,6 раза (табл. 17).

Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе многолетних трав (2-й укос), в среднем за 1994 – 2007 гг.

| Вариант |   | Естественный травостой             |         | Сеяная злаковая травосмесь         |         |                                    |         |                                    |         |                                    |         |
|---------|---|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
|         |   |                                    |         | обработка дернины                  |         |                                    |         | вспашка плугом                     |         |                                    |         |
|         |   | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг | раундапом (5л/га)                  |         | дисками                            |         | обычным                            |         | двухъярусным                       |         |
|         |   |                                    |         | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг |
| 1       | Контроль                                    | 1064                               | -       | 709                                | -       | 656                                | -       | 463                                | -       | 416                                | -       |
| 2       | $\text{P}_{90}\text{K}_{60}$                | 196                                | -868    | 121                                | -588    | 135                                | -521    | 75                                 | -388    | 87                                 | -329    |
| 3       | $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$   | 271                                | -793    | 315                                | -394    | 261                                | -395    | 121                                | -342    | 128                                | -288    |
| 4       | $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$   | 138                                | -926    | 119                                | -590    | 108                                | -548    | 76                                 | -387    | 72                                 | -344    |
| 5       | $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$  | 108                                | -956    | 76                                 | -633    | 71                                 | -585    | 51                                 | -412    | 44                                 | -372    |
| 6       | $\text{P}_{120}\text{K}_{90}$               | 140                                | -924    | 57                                 | -652    | 73                                 | -583    | 55                                 | -408    | 51                                 | -365    |
| 7       | $\text{N}_{90}\text{P}_{120}\text{K}_{90}$  | 198                                | -866    | 136                                | -573    | 104                                | -552    | 96                                 | -367    | 95                                 | -321    |
| 8       | $\text{N}_{90}\text{P}_{120}\text{K}_{135}$ | 73                                 | -991    | 58                                 | -651    | 46                                 | -610    | 46                                 | -417    | 55                                 | -361    |
| 9       | $\text{N}_{90}\text{P}_{120}\text{K}_{180}$ | 61                                 | -1003   | 47                                 | -662    | 30                                 | -636    | 24                                 | -439    | 20                                 | -396    |

Как следует из данных, представленных в таблице 19, эффект действия от применения минеральных удобрений на содержание радиоцезия в зеленой массе травосмесей второго укоса оказался значительно ниже, чем в урожае зеленой массы первого укоса трав. Так же, как и в первом укосе, азотные удобрения в составе полного минерального удобрения приводили к повышению содержания радиоцезия в корме, а последовательно возрастающие дозы калия на фоне  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  и  $\text{N}_{180}\text{P}_{120}$  снижали содержание  $^{137}\text{Cs}$  в корме. Практически нормативно чистый корм получен на вариантах 5, 6 (кроме естественного фона), и 8, 9 вариантах независимо от фона обработки почвы, но экономически целесообразно применять оптимальные дозы  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$  и  $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{270}$ . Следует отметить, что при коренном улучшении содержание  $^{137}\text{Cs}$  в корме ниже.

Таким образом, получение высоких урожаев зеленой массы многолетних злаковых трав второго укоса, соответствующей контрольным уровням, с наименьшими затратами возможно при проведении агрохимических мероприятий в комплексе с агротехническими.

Как при поверхностном, так и при коренном улучшении оптимальное соотношение азота к калию составляет 1 : 2 при дозе азота 120 кг/га и 1 : 1,5 при дозе азота 180 кг/га.

### 3.7. Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание $^{137}\text{Cs}$ в сене многолетних злаковых травосмесей

Поскольку основной целью проведения мероприятий является получение нормативно чистых кормов, была проведена оценка накопления радиоцезия в сене естественной и сеяной злаковой травосмесей. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что минеральные удобрения оказывали существенное влияние на размеры накопления радиоцезия в урожае многолетних трав (табл. 18).

В контрольном варианте естественного травостоя содержалось 3951 Бк/кг радиоцезия. Наименьшее значение удельной активности сена отмечено в вариантах с высокими дозами калия в составе полного минерального удобрения. Внесение фосфорно-калийного удобрения обеспечивало снижение накопления цезия-137 в урожае по сравнению с контролем в 4,5 – 6,6 раз.

Азотные удобрения в составе NPK в вариантах 3 и 7, где соотношение азота к калию 1 : 1, увеличивали накопление радиоцезия в сене. Последовательно возрастающие дозы калия в составе полного минерального удобрения снижали переход радиоцезия из почвы в растения (вар. 4, 5. 8. 9).

Приемы поверхностного улучшения лугов (обработка дернины дисками и гербицидом раундап, 5 л/га) способствовали снижению удельной активности сена в 1,1 – 1,2 раза по сравнению с контрольным вариантом естественного травостоя, то есть сами по себе не обеспечивали нормативно чистого сена. Содержание цезия превышало норматив в 7 – 9 раз.

Таблица 18

Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних трав (1-й укос), в среднем за 1994 – 2007 гг.

| Вариант                            |   | Естественный травостой             |         | Сеяная злаковая травосмесь         |         |                                    |         |                                    |         |              |       |
|------------------------------------|---|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|--------------|-------|
|                                    |   |                                    |         | обработка дернины                  |         |                                    |         | вспашка плугом                     |         |              |       |
|                                    |   |                                    |         | раундапом (5л/га)                  |         | дисками                            |         | обычным                            |         | двухъярусным |       |
| содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг   | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг |              |       |
| 1                                  | Контроль  | 3951                               | -       | 3411                               | -       | 3148                               | -       | 2141                               | -       | 1965         | -     |
| 2                                  | P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 825                                | -3126   | 537                                | -2874   | 545                                | -2603   | 400                                | -1741   | 335          | -1630 |
| 3                                  | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 1517                               | -2434   | 1500                               | -1911   | 1131                               | -2017   | 743                                | -1398   | 671          | -1294 |
| 4                                  | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 633                                | -3318   | 579                                | -2832   | 501                                | -2647   | 352                                | -1789   | 307          | -1658 |
| 5                                  | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 422                                | -3529   | 332                                | -3079   | 253                                | -2895   | 191                                | -1950   | 177          | -1788 |
| 6                                  | P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 610                                | -3341   | 232                                | -3179   | 209                                | -2939   | 205                                | -1936   | 181          | -1784 |
| 7                                  | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 987                                | -2964   | 604                                | -2807   | 466                                | -2682   | 483                                | -1658   | 377          | -1588 |
| 8                                  | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 285                                | -3666   | 207                                | -3204   | 184                                | -2964   | 173                                | -1968   | 154          | -1811 |
| 9                                  | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 232                                | -3719   | 167                                | -3244   | 149                                | -2999   | 141                                | -2000   | 96           | -1869 |

При коренном улучшении лугов сено содержало почти в два раза меньше  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с естественным травостоем, тем не менее норматив по содержанию радионуклидов превышен в 4,9 – 5,3 раза.

Различия между двумя обработками (обычная вспашка и двухъярусная вспашка) незначительны, хотя и отмечена тенденция к снижению содержания радиоцезия в корме при ярусной обработке до 1965 Бк/кг. Так же, как и на естественном травостое и при поверхностном улучшении, при коренном улучшении лугов последовательно возрастающие дозы калия в составе РК и NPK снижали потребление радиоцезия многолетними травами. Самые низкие значения удельной активности получены в вариантах, обеспечивающих высокую продуктивность травосмесей, где соотношение азота, фосфора и калия составляет 1 : 0,75 : 1,5 и 1 : 0,75 : 2.

В сене второго укоса многолетних трав (отава) содержание  $^{137}\text{Cs}$  ниже, чем в сене первого укоса (табл. 19). Так же, как и в первом укосе, минеральные удобрения оказывали наибольшее влияние на размеры накопления радиоцезия.

Таблица 19

Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних трав (2-й укос), в среднем за 1994 – 2007 гг.

| Вариант |   | Естественный травостой             |       | Сеяная злаковая травосмесь         |         |                                    |         |                                    |         |                                    |         |
|---------|---|------------------------------------|-------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
|         |   |                                    |       | обработка дернины                  |         |                                    |         | вспашка плугом                     |         |                                    |         |
|         |   | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг |       | раундапом (5л/га)                  |         | дисками                            |         | обычным                            |         | двухъярусным                       |         |
|         |   |                                    |       | содержание $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг | ± Бк/кг |
| 1       | Контроль  | 3463                               | -     | 3194                               | -       | 2950                               | -       | 2095                               | -       | 1877                               | -       |
| 2       | P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>                   | 719                                | -2744 | 450                                | -2744   | 445                                | -2505   | 315                                | -1780   | 301                                | -1576   |
| 3       | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>   | 838                                | -2625 | 936                                | -2258   | 702                                | -2248   | 501                                | -1594   | 539                                | -1338   |
| 4       | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>   | 462                                | -3001 | 469                                | -2725   | 431                                | -2519   | 316                                | -1779   | 264                                | -1613   |
| 5       | N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 331                                | -3132 | 296                                | -2898   | 241                                | -2709   | 174                                | -1921   | 140                                | -1737   |
| 6       | P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>                  | 533                                | -2930 | 198                                | -2996   | 195                                | -2755   | 193                                | -1902   | 152                                | -1725   |
| 7       | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>90</sub>  | 865                                | -2598 | 501                                | -2693   | 431                                | -2519   | 395                                | -1700   | 336                                | -1541   |
| 8       | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>135</sub> | 248                                | -3215 | 151                                | -3043   | 157                                | -2793   | 151                                | -1944   | 144                                | -1733   |
| 9       | N <sub>90</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 190                                | -3273 | 132                                | -3062   | 125                                | -2825   | 110                                | -1985   | 88                                 | -1789   |

Главным фактором, определяющим величину накопления  $^{137}\text{Cs}$  в сене второго укоса многолетних трав, являются агрохимические мероприятия. Так, при поверхностном и коренном улучшении лугов внесение фосфорно-калийных удобрений позволяет получать сено по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  ниже норматива, то есть пригодное на корм без всяких ограничений. В зависимости от способа обработки почвы содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сене снижалось в 1,6 – 3,5 раза.

В первом и втором укосах многолетних трав азотные удобрения в составе НРК при соотношении N:K как 1:1 (вар. 3, 7) повышали содержание радиоцезия в сене, а последовательно возрастающие дозы калия в составе  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  и  $\text{N}_{180}\text{P}_{120}$  снижали его в урожае сена второго укоса независимо от способов обработки почвы. Гарантированное получение нормативно чистого сена на естественном травостое и при поверхностном улучшении возможно при внесении  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$ , а при коренном улучшении при внесении  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ .

По нашему мнению, наибольшее влияние калийных удобрений на снижение накопления  $^{137}\text{Cs}$  в растениях обусловлено рядом причин, а именно: улучшением условий питания растений, повышением в почве обменных катионов, в первую очередь калия, усилением антагонизма между ионами радионуклида и ионами вносимых солей при корневом усвоении, а также изменением подвижности  $^{137}\text{Cs}$  в почве и, как следствие, его доступности для растений. Это согласуется и с данными других исследователей (Моисеев и др., 1986; Котик и др., 1996).

Существенных различий по содержанию радиоцезия в сене многолетних трав между двумя видами обработки почвы при коренном улучшении лугов не отмечено.

Так же, как в первом укосе многолетних трав, во втором укосе снижение Кн и получение кормов, соответствующих нормативу, обеспечивается при проведении коренного улучшения лугов и внесении полного минерального удобрения в дозах  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$  и  $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{270}$ , то есть при соотношении N:P:K = 1:0,75:1,5.

## **ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕНА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ**

В результате антропогенных воздействий, интенсивность и разнообразие которых все возрастают, в почвенных профилях на обширных территориях происходит поступательное накопление новых признаков, несвойственных природному почвообразованию, а сами почвы полностью или частично утрачивают свой облик. Процесс благосостояния резко усилил техническую нагрузку на биосферу (Миндрин, 2006).

Хозяйственная деятельность человека сопровождается поступлением в окружающую среду целого ряда токсичных при высоких концентрациях элементов. Широко распространенное в настоящее время загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) создало серьезные проблемы для безопасного сельскохозяйственного использования почв, находящихся вблизи крупных промышленных предприятий, городов и автомобильных дорог. Кроме воздушного поступления ТМ с газопылевыми потоками, для почв агроценозов большое значение имеет поступление их с удобрениями, пестицидами, при орошении и, особенно при внесении осадков сточных вод в качестве органических удобрений (Карпова, 2008).

Существует ряд альтернативных способов использования осадков городских сточных вод (ОСВ). К ним относится их применение при рекультивации горных выработок, в зеленом хозяйстве городов, лесном хозяйстве, цветоводстве и в качестве удобрения сельскохозяйственных культур.

Сельскохозяйственное использование осадка сточных вод – одно из важнейших направлений их утилизации. Осадки сточных вод могут рассматриваться как органическое удобрение, содержащее большое количество основных элементов питания растений. Но наличие в осадках значительных количеств тяжелых металлов и других токсикантов служит ограничивающим фактором повсеместного их использования в качестве удобрения (Мерзлая, 2009).

Универсальной эколого-токсикологической схемы утилизации ОСВ не существует, что обусловлено неоднородными физическими, физико-

химическими и биологическими параметрами ОСВ различных городов и регионов. В связи с этим условия использования ОСВ в качестве удобрения определяются их агрогеохимическими и технологическими свойствами. Основными экологическими критериями являются биологическая обеззараженность осадков сточных вод и отсутствие сверхнормативного содержания в них тяжелых металлов (Касатиков, 1989, 1990; Покровская, Касатиков, 1987).

Одной из основных задач, требующих решения при удобрении ОСВ, является разработка приемов контроля за загрязнением агроценоза тяжелыми металлами. Известно, что ТМ, например, Ni, Cr, Cd, Pb, Hg, могут оказывать негативное влияние на экосистему агроценоза (Алексеев, 1987; Касатиков, 1990).

Общие закономерности поступления тяжелых металлов в растения из смесей их химических соединений соответствуют таковым для отдельных элементов. В растениях при выращивании на загрязненной почве содержание металлов возрастает с увеличением их концентрации в почве (Степанюк, 2000).

Из-за опасения загрязнения почв тяжелыми металлами осадки сточных вод до настоящего времени применяются в сельском хозяйстве в крайне ограниченном количестве. Между тем, кроме осадков промышленно-бытовых сточных вод, содержание тяжелых металлов в которых обусловлено сбросами промышленных предприятий, имеются значительные объемы осадков незагрязненных или мало загрязненных тяжелыми металлами – предприятий пищевой промышленности, малых городов и поселков городского типа (Распопина, 2009).

Использование незагрязненных осадков является одним из путей улучшения баланса органических веществ в земледелии (Афанасьев, Мерзлая, 2000).

Среди тяжелых металлов приоритетными загрязнителями являются Hg, Pb, As, Cd, Cu, Cr, Ni. Они поступают в организм человека и сельскохозяйственных животных в основном с растительной пищей, воздухом и водой. Опасными являются высокие концентрации ТМ в почвах и их избыточное поступление в организм человека и животных, откуда эти металлы выводятся очень медленно, накапливаются, главным образом, в почках и печени. Кроме того, постоянное потребление растительной продукции даже со слабозагряз-

ненных почв может приводить к кумулятивному эффекту (Овчаренко и др., 1994).

В настоящее время накопление в почвах избыточного количества таких металлов, как Cu, Zn, Pb, Cd, относящихся к приоритетным экотоксинам, обнаружено не только во многих индустриальных районах, но даже в почвах, находящихся в сельскохозяйственном использовании (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Ильин, 1991; Черных, 1995).

На землях сельскохозяйственного использования по данным ряда исследователей (Минеев и др., 1981; Попова, 1991; Садовникова, Касатиков, 1995) часть ТМ накапливается в почве в результате внесения удобрений, в том числе органических, при разложении которых образуется запас подвижных форм ТМ в почве.

Почва мощный и активный поглотитель тяжелых металлов, она способна прочно связывать и тем самым снижать поступление токсинов в растения. Активно инактивируют соединения металлов минеральные и органические компоненты почвы, но количественные выражения их действия зависят от типа почв (Большаков и др., 1988).

К важнейшим характеристикам почв, определяющих поведение тяжелых металлов в системе почва- растение, относятся их физико-химические свойства, содержание в почве органического вещества, гранулометрический и минералогический состав, микробиологическая активность почв. Внесение в почву минеральных и органических удобрений, известкование активно влияют на данные показатели, что позволяет использовать их для регулирования и повышения устойчивости почв к загрязнению ТМ, а значит и для получения на них экологически чистой продукции растениеводства (Богомазов, Акулов, 1994; Овчаренко и др., 1994; Лебедева и др., 1995).

При внесении повышенных доз органических и минеральных удобрений в пахотном слое увеличивается концентрация подвижных форм свинца, цинка, никеля, железа, марганца, кадмия (Кураков и др., 2001). Интенсивное использование минеральных и органических удобрений, особенно извести, изменяют химию элемента в почве, изменяя его подвижность (Гришина, 2001; Графская, Хостанце-

ва, 2001). Так, физиологически кислые удобрения повышают подвижность кадмия и цинка в почвах, физиологически щелочные – снижают (Рэуце, Кыстя, 1986).

Токсичность тяжелых металлов на почвах с высоким содержанием гумуса в 2 – 2,5 раза слабее, чем на почвах слабогумусированных (Липовских, 1983). Одним из способов, позволяющих снизить токсичность почвы, вызванную подвижными формами ТМ, является внесение в нее различных удобрений: органических и минеральных. В этом случае тяжелые металлы образуют комплексы с хелатсоединениями, а также нерастворимые соли и не загрязняют продукцию растениеводства.

Осадки сточных вод содержат значительное количество основных элементов питания растений – фосфора, азота, калия, кальция. Наряду с органическим веществом и микроэлементами они определяют удобрительную ценность различных видов осадков. По этим показателям ОСВ, обработанные соответствующим образом, часто не уступают традиционным органическим удобрениям.

Содержание общего азота в различных видах осадков варьирует от 0,6 до 7,3% от сухого вещества. Наибольшее его количество (1,4 – 7,3%) отмечено в активном иле. В сыром осадке содержание азота составляет 1,5 – 4,2%, в сброженном – 0,9 – 5,2%, в термически высушенных осадках – 1,6 – 6,5% (Тяжелые металлы..., 1997).

При использовании ОСВ в качестве удобрения в почве увеличивается содержание органического вещества, азота, фосфора, калия, кальция, магния, железа. Как правило, снижается кислотность почвы. Под действием осадка увеличивается влагоемкость и оструктуренность почв, что особенно ценно для почв легкого механического состава, пылеватых и песчаных, снижается эрозия и улучшаются тепловые и водно-воздушные характеристики почвы. Повышается активность и численность микроорганизмов.

Эффективность ОСВ во многом зависит от плодородия почвы, в частности, от обеспеченности ее калием. На почвах с низким содержанием калия при-

бавки урожая от осадков бывают минимальными, а иногда они совсем не оказывают никакого влияния на урожайность удобряемых культур.

#### ***4.1. Сельскохозяйственное производство как фактор накопления и перераспределения тяжелых металлов в почве***

В дополнение к воздушным потокам металлов в почвы сельскохозяйственных регионов происходит также поступление ТМ с осадками сточных вод, при орошении, со средствами химизации сельского хозяйства.

Многие авторы (Минеев, 1988; Ягодин и др., 1989) отмечают возможность накопления тяжелых металлов в почве при использовании минеральных, органических удобрений и ряда мелиорантов. Наиболее существенными по набору ТМ и концентрации их примесей являются фосфорные удобрения, получаемые с использованием экстракционной ортофосфорной кислоты (Алексеев, 1987).

По концентрациям в азотных и калийных удобрениях ТМ образуют сходные убывающие ряды: для мочевины –  $Fe > Ni > Zn > Mn > Pb > Cu > Cd$ ; для хлористого калия -  $Fe > Ni > Mn > Pb > Zn > Cu > Cd$ . Содержание ТМ в извести, как правило, не превышает их концентраций в фосфорных удобрениях (Черных и др., 1999).

Органические удобрения, как правило, характеризуются невысокими концентрациями большинства тяжелых металлов. Однако элементы, играющие важную физиологическую роль в жизни растений (Mn, Zn, Cu и др.), присутствуют в навозе в повышенных количествах. Значительно ниже содержание в навозе Pb, Cd и Ni.

В последнее время в качестве удобрений широко используются различные виды осадков сточных вод, промышленных и бытовых отходов органического и неорганического происхождения, в результате чего происходит загрязнение почв и сельскохозяйственной продукции тяжелыми металлами.

В работе Д.С. Орлова (1995) приводятся экологические нормативы на со-

держание ТМ в веществах, используемых в качестве нетрадиционных органических удобрений, и в компостах на их основе, мг/кг: Cd – 20, Co – 100, Cr – 750, Cu – 1000, Hg – 16, Mn – 3000, Mo – 50, Ni – 300, Pb – 750, Zn – 2500.

Однако, при длительном применении ОСВ, активных илов, компостов и шлаков, даже при содержании в них тяжелых металлов ниже предельно-допустимых уровней, опасность загрязнения сохраняется. Так, например, баланс кадмия в земледелии Московской области в 1981-1990 гг. составил + 22,6 г/га в год. При этом в районах, где применяют ОСВ, его накопление составило +51,6 г/га в год, что в 2,8 раза выше.

Таким образом, использование в качестве удобрения осадков сточных вод требует постоянного и жесткого контроля за поступлением в природную среду многих токсичных веществ, в том числе и ТМ.

Одним из наиболее опасных токсичных элементов среди тяжелых металлов является кадмий. Он очень подвижен в почве, легко поглощается растениями и проникает во все их органы. Кадмий поглощается растениями вместе с цинком, который принимает участие во многих процессах метаболизма, особенно в репродуктивных органах. Поэтому накопление кадмия в сельскохозяйственной продукции при высоком его содержании в почве практически неизбежно (Ильин и др., 2000).

Опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции свинцом через почву гораздо меньшая по сравнению с кадмием, так как основная часть свинца задерживается в корнях растений (Соколов, Черников, 1999; Алексеев, 1987).

Многие металлы, в частности, медь, цинк, образуя с органическим веществом органо-минеральные комплексы, становятся менее растворимыми (Носовская и др., 2000; Черных и др., 1995).

Известкование почвы значительно снижает подвижность металлов. При сочетании известкования с внесением навоза происходит иммобилизация подвижных форм свинца, кадмия и никеля, и поступление их в растения снижается. Но при систематическом применении агрохимических средств вынос растениями токсичных металлов не превышал их поступление, поэтому во времени

происходило накопление их в почве (Гомонова, 1994; Парамонова, 1991). Большинство биофильных микроэлементов (медь, цинк, марганец, железо) при систематическом применении минеральных и органо-минеральных удобрений имеет отрицательный хозяйственный баланс. Величина отрицательного баланса биоэлементов увеличивалась с возрастанием доз минеральных удобрений и повышением окультуренности почвы, что могло снизить качество урожая (Минеев и др., 1990).

С фосфорными удобрениями поступает наибольшее количество сопутствующих элементов (Носовская и др., 2000). В простом суперфосфате содержатся такие тяжелые металлы, как кадмий (150 – 170 мг/кг), хром (66 – 243), кобальт (0 – 90), медь (4 – 79), свинец (7 – 92), цинк (50 – 1430 мг/кг), никель, ванадий (Алексеев, 1987).

Статистически значимое увеличение содержания стронция в почве и растениях отмечено при внесении простого суперфосфата: в растениях викоовсяной смеси с 6,6 до 22,1 мг/кг. Применение других форм фосфорных удобрений не вызывало достоверного увеличения содержания стронция в почве и растениях (Карпова, 2000).

Полное минеральное удобрение, усиливая поглощение марганца, ухудшало качество растительной продукции. Под влиянием высоких доз РК удобрений в растениях повышалось содержание никеля, кадмия и стронция, но оно было ниже ПДК.

Комплексное применение известкования в сочетании с минеральными и органическими удобрениями значительно снижало накопление свинца и кадмия культурами (Тихомирова, 2003).

#### ***4.2. Действие осадка сточных вод и известкования на продуктивность многолетних трав***

В условиях дефицита и высоких цен на минеральные удобрения для повышения продуктивности кормовых угодий важное значение имеют органические удобрения. Однако, в связи со значительным снижением поголовья скота,

сельское хозяйство испытывает недостаток органических удобрений. Важным резервом повышения продуктивности сенокосов и пастбищ, воспроизводства плодородия почвы, бездефицитного или положительного баланса гумуса являются осадки сточных вод (Дикарев, Лукин, 2002).

Исследования с использованием в качестве удобрения осадка сточных вод г. Великие Луки в дозах от 30 до 80 т/га натуральной влажности позволили сделать заключение о возможности повышения урожайности при исследуемых дозах осадка и получении чистой продукции при выращивании картофеля (Иванов, Иванова, 1996).

Осадки сточных вод обеспечивали существенное, сопоставимое с влиянием средних доз минеральных удобрений, повышение урожайности сельскохозяйственных культур (Усенко, 2000).

В исследованиях Г.Е. Мерзлой, А.В. Филипповой (2002) отмечено повышение урожайности сухой массы трав при использовании осадка.

В.Г. Дикарев и А.Я. Лукин (2002) отмечают положительное влияние осадка на продуктивность травостоя.

Из-за неблагоприятных погодных условий в годы проведения опыта (2002, 2003) урожай сена многолетних трав в целом по опыту получен невысокий. На контрольном варианте его уровень составил в среднем за три года 28,3 ц/га в сумме за два укоса (табл. 20).

Таблица 20

Влияние ОСВ и известкования на урожай сена многолетних трав  
(среднее за 2001 – 2003 гг.)

| Вариант   | Урожай, ц/га | Прибавка, ц/га |                  |
|---|--------------|----------------|------------------|
|   |              | к контролю     | от известкования |
| Контроль  | 28,3         | -              | -                |
| ОСВ дл.хр. 10 т/га                                | 37,9         | +9,6           | -                |
| ОСВ дл.хр. 35 т/га                                | 42,0         | +13,7          | -                |
| ОСВ св. 10 т/га                                   | 38,8         | +10,5          | -                |
| ОСВ св. 35 т/га                                   | 42,5         | +14,2          | -                |
| N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> | 61,5         | +33,2          | -                |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га                          | 34,9         | +6,6           | +6,6             |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ дл.хр. 10 т/га      | 40,8         | +12,5          | +2,9             |

|   |      |       |      |
|---|------|-------|------|
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ дл.хр.<br>35 т/га                             | 43,1 | +14,8 | +1,1 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ св. 10 т/га                                   | 42,5 | +14,2 | +3,7 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ св. 35 т/га                                   | 44,1 | +15,8 | +1,6 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> | 66,7 | +38,4 | +5,2 |

НСП<sub>05</sub> общ 10,2

НСП<sub>05</sub> известков. 2,0

Внесение ОСВ обеспечивало достоверную прибавку урожайности практически на всех вариантах опыта. Осадки сточных вод способствовали увеличению урожайности сена в 1,3 – 1,6 раза по сравнению с контрольным вариантом. Высокая доза осадка практически не имела преимуществ перед низкой.

Внесение только лишь извести в дозе 9 т/га давало достоверный положительный эффект. На фоне известкования действие осадков сточных вод на урожай сена многолетних трав было также более эффективным.

Самый высокий урожай сена многолетних трав в опыте получен на варианте с внесением полного минерального удобрения в дозе N<sub>180</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub>. Внесение извести усиливало положительное действие минеральных удобрений.

#### ***4.3. Действие осадка сточных вод и известкования на содержание элементов минерального питания в сене многолетних трав***

Содержание азота в сене многолетних трав по вариантам опыта ОСВ колебалось в пределах 1,50 – 1,73% (табл. 21). Лишь на варианте с полным минеральным удобрением этот показатель был значительно выше и достигал уровня 3,11%. Дополнение НРК известью несколько снизило этот показатель (2,38%).

Таблица 21

Влияние ОСВ и известкования на элементный состав сена многолетних трав (среднее за 2001 – 2003 гг.)

| Вариант   | N,%  | P,%  | K,%  | Ca,% | Mg,% | Ca:Mg | Ca:P | K:(Ca+Mg) |
|---|------|------|------|------|------|-------|------|-----------|
| Контроль  | 1,62 | 0,29 | 2,05 | 0,76 | 0,40 | 1,9   | 2,6  | 1,76      |
| ОСВ дл.хр. 10 т/га                                | 1,57 | 0,35 | 1,79 | 0,63 | 0,34 | 1,85  | 1,8  | 1,84      |
| ОСВ дл.хр. 35 т/га                                | 1,73 | 0,33 | 2,00 | 0,63 | 0,29 | 2,17  | 1,9  | 2,17      |
| ОСВ св. 10 т/га                                   | 1,60 | 0,35 | 1,76 | 0,61 | 0,24 | 2,5   | 1,7  | 2,12      |
| ОСВ св. 35 т/га                                   | 1,58 | 0,39 | 1,98 | 0,54 | 0,28 | 1,92  | 1,38 | 2,41      |
| N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> | 3,11 | 0,43 | 2,59 | 0,51 | 0,33 | 1,54  | 1,18 | 3,08      |

|   |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га  | 1,50 | 0,42 | 1,78 | 0,75 | 0,31 | 2,41 | 1,78 | 1,68 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ дл.хр. 10 т/га                                | 1,55 | 0,46 | 1,79 | 0,46 | 0,28 | 1,64 | 1,00 | 2,41 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ дл.хр. 35 т/га                                | 1,53 | 0,34 | 1,64 | 0,33 | 0,26 | 1,26 | 0,97 | 2,77 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ св. 10 т/га                                   | 1,54 | 0,32 | 1,55 | 0,35 | 0,30 | 1,16 | 1,09 | 2,38 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ св. 35 т/га                                   | 1,59 | 0,38 | 1,77 | 0,46 | 0,29 | 1,58 | 1,2  | 2,36 |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> | 2,38 | 0,36 | 2,48 | 0,71 | 0,24 | 2,9  | 1,97 | 2,66 |

В сене, полученном с делянок с внесением осадка сточных вод, содержалось больше фосфора по сравнению с неудобренным контролем. Повышение дозы осадка с 10 до 35 т/га, как старого, так и нового, не сопровождалось увеличением содержания фосфора в сене. Дополнение осадка известью в дозе 9 т/га также практически не влияло на этот показатель.

Содержание фосфора в сене многолетних трав является оптимальным, содержание калия также не превышало зоотехническую норму (3%). Однако следует отметить, что на вариантах с полным минеральным удобрением этот показатель несколько выше по сравнению с остальными вариантами опыта.

Отмечено также содержание в сене многолетних трав кальция и магния на уровне оптимальных значений.

Оценивая влияние осадков сточных вод, минеральных удобрений и известкования на качественные показатели сена многолетних трав следует отметить, что определенной закономерности в изменении показателей по вариантам опыта не установлено.

#### ***4.4. Действие осадка сточных вод и известкования на качество сена многолетних трав***

Независимо от вида и доз внесения, осадки сточных вод мало влияли на показатели качества сена. Полное минеральное удобрение существенно увеличивало содержание сырого протеина и нитратов в сене, снижало БЭВ и практически не влияло на содержание клетчатки (табл. 22).

Применение осадка позволило получить сено с более высоким, чем на неудобренном контроле, содержанием БЭВ, клетчатки.

Сочетание осадка сточных вод с известью повышало БЭВ, увеличивало содержание клетчатки и сырой золы и несколько снижало содержание переваримого протеина, каротина и нитратов.

Таблица 22

Влияние ОСВ и известкования на показатели качества сена многолетних трав (среднее за 2001 – 2003 гг.)

| Вариант  | Сырой протеин, % | Клетчатка, % | БЭВ, % | Сырая зола % | Жир% | Каротин, мг/кг | Нитраты, мг/кг |
|--|------------------|--------------|--------|--------------|------|----------------|----------------|
| Контроль   | 10,12            | 25,7         | 39,8   | 6,66         | 2,69 | 20             | 684            |
| ОСВ дл.хр. 10 т/га   | 9,81             | 26,2         | 41,2   | 6,34         | 2,55 | 17             | 496            |
| ОСВ дл.хр. 35 т/га   | 10,81            | 28,8         | 35,6   | 7,60         | 2,38 | 31             | 452            |
| ОСВ св. 10 т/га  | 10,00            | 25,5         | 41,1   | 6,37         | 2,49 | 22             | 716            |
| ОСВ св. 35 т/га  | 9,88             | 27,7         | 39,3   | 7,37         | 2,18 | 15             | 750            |
| N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub>                              | 19,44            | 28,9         | 28,9   | 7,29         | 2,75 | 20             | 1223           |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га   | 9,38             | 26,4         | 41,3   | 7,53         | 2,13 | 30             | 1162           |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+<br>ОСВ дл.хр. 10 т/га                                | 9,69             | 28,7         | 40,7   | 7,01         | 2,39 | 27             | 507            |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+<br>ОСВ дл.хр. 35 т/га                                | 9,56             | 29,5         | 41,9   | 5,54         | 2,36 | 17             | 328            |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+<br>ОСВ св. 10 т/га                                   | 9,62             | 26,3         | 44,5   | 4,91         | 2,61 | 12             | 403            |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+<br>ОСВ св. 35 т/га                                   | 9,94             | 26,2         | 44,0   | 6,21         | 2,35 | 15             | 768            |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+<br>N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> | 14,87            | 26,6         | 34,6   | 7,62         | 2,38 | 16             | 1624           |

#### ***4.5. Действие осадка сточных вод и известкования на содержание тяжелых металлов в сене многолетних трав***

В опыте не установлено четкой зависимости в накоплении тяжелых металлов в сене многолетних трав от внесения обоих видов осадков по отношению к неудобренному контролю (табл. 23).

Старый осадок в чистом виде в дозе 35 т/га и в дозах 10 и 35 т/га в сочетании с известью увеличивал содержание кадмия в сене. Минеральные удобрения в сочетании с известью (CaCO<sub>3</sub> 9 т/га + N<sub>180</sub>P<sub>60</sub>K<sub>100</sub>) также увеличивали этот

показатель. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания меди в продукции.

Таблица 23

Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в сене многолетних трав, в среднем за два укоса (среднее за 2001 – 2003 гг.)

| Вариант   | Cu   | Zn    | Pb   | Cd     |
|---|------|-------|------|--------|
| Контроль  | 1,81 | 8,35  | 0,81 | 0,034  |
| ОСВ дл.хр. 10 т/га  | 1,67 | 8,55  | 0,22 | 0,034  |
| ОСВ дл.хр. 35 т/га  | 1,69 | 10,90 | 0,54 | 0,047  |
| ОСВ св. 10 т/га   | 1,45 | 7,08  | 0,38 | 0,024  |
| ОСВ св. 35 т/га   | 1,52 | 9,56  | 0,69 | <0,003 |
| N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub>                           | 3,06 | 9,97  | 0,31 | 0,018  |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га  | 3,23 | 7,54  | 0,13 | 0,019  |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ дл.хр. 10 т/га                                | 1,95 | 7,64  | 0,76 | 0,038  |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ дл.хр. 35 т/га                                | 1,90 | 8,60  | 0,30 | 0,025  |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ св. 10 т/га                                   | 1,65 | 8,43  | 0,75 | 0,012  |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ ОСВ св. 35 т/га                                   | 1,79 | 9,08  | 0,25 | 0,004  |
| CaCO <sub>3</sub> 9 т/га+ N <sub>180</sub> P <sub>60</sub> K <sub>100</sub> | 1,75 | 8,95  | 0,23 | 0,032  |
| МДУ   | 30,0 | 50,0  | 5,0  | 0,3    |

Содержание тяжелых металлов в травах от внесения осадка сточных вод достоверно не увеличивалось.

Полученные данные свидетельствуют о том, что в сене многолетних трав накопления тяжелых металлов сверх допустимого уровня не наблюдалось. Во всех исследуемых вариантах содержание тяжелых металлов было значительно ниже максимально допустимого уровня.

#### 4.6. Влияние осадка сточных вод и известкования на удельную активность

##### <sup>137</sup>Cs в сене многолетних трав

Проведенные исследования свидетельствуют, что средняя удельная активность <sup>137</sup>Cs в сене была ниже норматива (ВП 13.5.13/06 – 01, 400 Бк/кг) на всех изучаемых вариантах (табл. 24). Самое высокое накопление радионуклида в сене многолетних трав отмечено в контрольном варианте. Внесение осадка

сточных вод, как длительного хранения, так и свежего, снижало накопление  $^{137}\text{Cs}$  в продукции. Дозы осадка существенно не влияли на этот показатель.

Полное минеральное удобрение способствовало некоторому увеличению содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сене относительно вариантов с применением ОСВ, но это увеличение статистически недостоверно.

Таблица 24

Влияние осадка сточных вод и известкования на удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних трав (среднее за 2001 – 2003 гг.), Бк/кг

| Вариант   | $^{137}\text{Cs}$ | ± Бк/кг      |                  |
|---|-------------------|--------------|------------------|
|   |                   | от удобрений | от известкования |
| Контроль  | 385               | -            | -                |
| ОСВ дл.хр. 10 т/га  | 299               | - 86         | -                |
| ОСВ дл.хр. 35 т/га  | 303               | - 82         | -                |
| ОСВ св. 10 т/га   | 334               | - 51         | -                |
| ОСВ св. 35 т/га   | 312               | - 73         | -                |
| $\text{N}_{180}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$                         | 346               | - 39         | -                |
| $\text{CaCO}_3$ 9 т/га  | 252               | - 133        | - 133            |
| $\text{CaCO}_3$ 9 т/га+ ОСВ дл.хр. 10 т/га                          | 218               | - 167        | - 81             |
| $\text{CaCO}_3$ 9 т/га+ ОСВ дл.хр. 35 т/га                          | 237               | - 148        | - 66             |
| $\text{CaCO}_3$ 9 т/га+ ОСВ св. 10 т/га                             | 268               | - 117        | - 66             |
| $\text{CaCO}_3$ 9 т/га+ ОСВ св. 35 т/га                             | 281               | - 104        | - 31             |
| $\text{CaCO}_3$ 9 т/га+ $\text{N}_{180}\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ | 312               | - 73         | - 34             |

НСР<sub>05</sub> общая, Бк/кг – 60

НСР<sub>05</sub> известкование, Бк/кг - 24

НСР<sub>05</sub> удобрения, Бк/кг – 42

Применение одной лишь извести снижало удельную активность сена в 1,5 раза по сравнению с контролем. Использование осадка сточных вод на фоне известкования давало значительный положительный эффект. Оба вида осадка в дозах 10 и 35 т/га способствовали достоверному снижению накопления  $^{137}\text{Cs}$  в сене. Так же, как и без известкования. Ни вид осадка, ни вносимые дозы не имели преимущества друг перед другом. Следует отметить, что в вариантах с применением свежего осадка содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сене несколько выше, чем там, где применяли осадок длительного хранения, но эти различия статистически несущественны.

Таким образом, концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних трав на всех вари-

антах опыта включая абсолютный контроль, не превышала санитарно-гигиенических нормативов.

Минеральные удобрения в сочетании с известкованием снижали накопление  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних трав. Известкование способствовало более эффективному их влиянию на этот показатель.

## **ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ**

Увеличение производства растениеводческой продукции и повышение ее качества особенно успешно достигается при улучшении круговорота питательных веществ в земледелии, повышении уровня приходных статей в балансе элементов питания. Основой этого процесса является снабжение растений достаточным и полноценным количеством питательных веществ (Романенко и др., 1996; Прокошев, Дерюгин, 2000; Ладонин и др., 2001; Милащенко, 2001; Белоус, Драганская, 2001; Макарцев, 2002).

Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению ее качества, но и к снижению устойчивости агроландшафтов. В этой связи компенсацию дефицита биогенных элементов применением химических мелиорантов, органических и минеральных удобрений необходимо рассматривать как экологически обоснованную задачу, а объектом регулирования биологического круговорота становится уже не отдельный агроценоз, а агроландшафты в целом с учетом вертикальных и горизонтальных геохимических потоков (Жученко, 1994; Кирюшин, 1996; Минеев, 1997).

Повышение плодородия почв – одна из важнейших проблем, которой уделяли пристальное внимание многие ученые, как в нашей стране, так и за рубежом (Макаров и др., 1995, 2002; Кирюшин, 1996; Фасех, 1982). Повышение плодородия проявляется в увеличении урожайности культур и улучшении агрохимических, агрофизических, биологических свойств почв и обеспеченности растений питательными веществами (Стокозов, 1985; Ладонин, 2001).

В условиях крайне тяжелого экономического состояния сельского хозяйства в России сохранять плодородие почвы привычным техногенным способом

представляется крайне проблематичным. Одним из эффективных способов решения данной проблемы являются посевы многолетних бобово-злаковых и злаковых травосмесей, что позволяет не только сохранить плодородие почвы на должном уровне, но и обеспечить сельскохозяйственных животных высококачественными питательными кормами.

Одним из первых в России теоретически обосновал роль многолетних трав в повышении плодородия почвы академик В.Р. Вильямс. Главную роль он отводил многолетним злаковым травам, мочковатая корневая система которых пронизывает весь пахотный горизонт, обогащая почву перегнойными соединениями, вследствие чего она приобретает особое структурное состояние, создающее прочное и устойчивое плодородие (Вильямс, 1949, 1950).

Современные исследователи склоняются к бобовым и бобово-злаковым травосмесиам, где бобовые играют главную агротехническую роль, а злаковые обеспечивают устойчивость данной травосмеси в случае неблагоприятных погодных условий (Харьков, 2003).

В формировании почвенного плодородия важная роль принадлежит гумусу. Содержание, запасы и состав которого практически определяют все агрономически ценные свойства и продуктивность почв (Щербакова, Рудай, 1983; Жуков, Попов, 1988). Гумус является запасным источником всех элементов питания, регулирует важнейшие физико-химические и биологические свойства почв, сохраняет ее энергетический потенциал (Александрова, 1980). Доказано, что многолетние травы способствуют накоплению гумуса в почве (Касаткина, Цыпленков, 1982; Листопадов, Шапошников, 1984; Заикин, 1984; Яговенко, 2007). Многолетние травы (при насыщении ими в севообороте не менее 40 – 50%), оставляя в почве до 50% синтезированной ими органической массы, обеспечивают бездефицитный и положительный баланс гумуса и органического вещества в почве для формирования гумуса (Иванов, 2001). По данным Г.Л. Демарчука и В.П. Данилова (1997), в условиях Сибири многолетние травы накапливают в год до 5 – 10 т/га сухой массы корней (в 2,5 – 5,0 раз больше,

чем однолетние культуры) и обеспечивают бездефицитный баланс гумуса для 3 – 5 последующих культур севооборота.

В настоящее время часто экономически не оправдано повышать плодородие почв с помощью органических и минеральных удобрений (Ивенин, 1995). Многолетние травы являются единственной группой сельскохозяйственных культур, способствующих сохранению, воспроизводству и накоплению гумуса в почвах. Улучшение баланса органического вещества в почвах происходит за счет накопления обильной корневой массы, запасы которой в 2 – 4 раза превосходят запасы надземной массы (Косолапов и др., 2009). Так, для стабилизации запасов органического вещества в севооборотах, где многолетние травы занимают всего 30%, необходимо вносить 8 – 10 т/га, а в севооборотах без многолетних трав – до 30 т/га органики в сочетании с минеральными удобрениями (Овсянников, 2000). По данным Салихова Л.С. и Алиева Ш.Л. (2000), наибольшее содержание почвенного гумуса с расширенным соотношением гуминовых кислот к фульвокислотам обеспечил севооборот с двумя полями многолетних трав и занятым паром. В их опытах зернотравяной севооборот без удобрений обеспечивал положительный баланс гумуса (5,9 ц/га), а с внесением удобрений накопление его возрастало до 9 – 12 ц/га. Поэтому в севообороте с тремя полями люцерны необходимость внесения навоза для восполнения минерализованного гумуса отпадает, а внесение минеральных удобрений можно сократить ежегодно на 10 – 15% (Шакиров, 2000).

Корневые и пожнивные остатки многолетних трав позволяют сохранять запасы гумуса в почве, теряющиеся в результате сельхозпроизводства. Наличие в севообороте 25% многолетних трав позволяет сохранять положительный баланс гумуса (Шакиров, Асхадуллин, 2006; Шакиров, Шамсутдинов, 2006). Свежие растительные остатки, попав в почву, превращаются в гумус. В нем находится 98 – 99% всего запаса азота в почве и 50 – 60% фосфора (Воробьев, 1982). В зависимости от вида сельскохозяйственной культуры количество поступаемых в почву корневых и пожнивных остатков будет неодинаковым. По данным С.А. Воробьева (1982) в Нечерноземной зоне озимые, яровые зерновые и зерно-

бобовые оставляют органического вещества в 2,5 – 3 раза меньше, сахарная свекла – в 3,3 раза, а картофель в 5 раз меньше, чем многолетние травы двух лет пользования.

В республике Татарстан каждый гектар многолетних трав оставляет в среднем 4 – 5 т корневых и пожнивных остатков (Алиев, Салихов, 1999), а в Чувашии – до 15 т/га и более (Войтович и др., 1999).

В среднем по России с каждого гектара трав с корневыми и другими остатками при современном уровне урожайности (20 – 25 ц/га) в почву поступает около 2,5 – 3 т/га органической массы (Михайличенко, 1997). Однако их масса может сильно различаться в зависимости от вида растения и года вегетации. Так, по данным Н.И.Кулешова и О.В.Игошиной (2006) козлятник восточный оставляет 170 – 180 ц/га абсолютно сухого вещества корневых остатков (в среднем за весь период вегетации), что соответствует 40 – 50 т/га навоза.

Сравнение массы корневых и пожнивных остатков многолетних трав с другими культурами позволяет говорить об их преимуществе. Многолетние исследования ТСХА, проведенные на дерново-подзолистых почвах Московской области, показали, что при двухлетнем использовании клеверотимофеечная смесь оставляет в почве (0 – 20 см) до 7 – 8 т/га абсолютно сухой органической массы в форме корней и поукосных остатков, ячмень и овес 2 – 3 т/га, а озимая пшеница и рожь – 3,5 – 5,2 т/га (Иванов, 2001). При возделывании многолетних трав в зернотравянопропашном восьмипольном севообороте больше всего пожнивных и корневых остатков поступало в почву с люцерной (15,3 – 18,3 % от общего количества растительных остатков, поступивших в почву в севообороте). Затем следовали горохоовсяная смесь (12,5%), кукуруза (11,4%), пайза (10,3%), яровая пшеница (9,7%) и кормовая свекла (4,8%) (Шумаков, 2006).

Многолетние травы по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами обладают самым высоким соотношением растительных остатков к основной продукции, которое зависит от величины урожая и колеблется в пределах от 0,8 – 1,0 при высокой урожайности и до 2,0 – 2,5 при урожайности на уровне 20 ц/га сена (Янсонс, 1978). Так, в Белоруссии наибольшим удельным

весом растительных остатков по отношению к отчуждаемой части урожая характеризовались многолетние травы (50 – 85%), самым низким – корнеплоды и картофель (6 – 16%), среднее положение занимали зерновые культуры и кукуруза (27 – 31%) (Усеня и др., 1998).

В посевах с преобладанием бобовых наблюдается повышенное поступление азота. Азот в форме органического вещества остается в почве, а после переработки бактериями переходит в усвояемую пищу растений (Данилов, 1951). Высокая экономическая эффективность использования биологического азота заключается в практически полном его усвоении сельхозрастениями, в то время как коэффициент использования технического азота на практике не превышает 60% (Баев, Степовский, 1986; Зимин, Коломейченко, 1999).

Введение в злаковые травостой бобового компонента позволяет вместо минерального использовать биологический азот, создавая тем самым благоприятные условия для роста и развития злаковых трав (Андреев, 1981; Башун, 1981; Коверга, 1988; Ларин и др., 1990). По данным ВНИИ кормов (Насонова, 1973) включение в злаковую травосмесь клевера лугового оказывает на урожай такое же действие, как и внесение 119 кг азота на 1 га злакового травостоя. Клевер луговой на окультуренной почве за два года пользования обеспечивал получение 221 ц/га сухого вещества, в котором содержалось 541 кг азота, в том числе 403 кг симбиотического. Аналогичный сбор сухого вещества злаки обеспечивали при внесении в звено севооборота 480 кг д. в. азота. С учетом последующего действия в севообороте выращивание после клевера злаковых трав позволило сэкономить в звене севооборота до 600 кг минерального азота (Андреев, Еремин, 2000). В Нечерноземной зоне при урожайности клеверозлаковой смеси 60 – 70 ц/га сухой массы экономия азотных удобрений за 2 года использования составила 400 – 500 кг (Васютин, Новоселов, 1996). Так, в опытах А.М. Логинова, К.Н. Привалова (1995), дополнительный сбор сухого вещества при использовании биоазота составил 3 – 31 т/га люцерново-злаковой и 36 – 41 ц/га клеверозлаковой травосмеси, что эквивалентно внесению 102 – 104 и 123 – 138 кг/га азота на злаковый травостой соответственно. По данным И.С.Дмитриевой

(1989), включение бобового компонента обеспечило за три года пользования экономию 270 – 360 кг д. в. азота при трех- и четырехукосном использовании.

Скорость разложения пожнивно-корневых остатков в почве зависит прежде всего от величины соотношения углерода к азоту, т.е. C:N (Уолтон, 1986). Для быстрого разложения и минерализации органического вещества необходимо, чтобы это соотношение было ниже 20 – 25. Максимальная скорость разложения и высвобождение элементов минерального питания свойственны растительным остаткам различных видов клеверов, которые имеют отношение C:N, равное 13,3 – 17,5. У злаковых это соотношение значительно выше и равняется в среднем 30. Бобовый компонент многолетних трав в связи с этим имеет важное значение для ускорения минерализации растительных остатков и накопления доступных растениям элементов питания. Так, гумус почвы под посевами козлятника третьего и четвертого годов жизни характеризуется сравнительно большой обогащенностью азотом (C:N = 8,6 – 8,9) (Бондарева, 1997).

При освоении залежных земель и использовании их в качестве сенокоса содержание азота на шестой год пользования повысилось с 0,19 (исходное) до 0,24% (Кутузова, Лебедев, Раев, 2006). При возделывании многолетних трав (люцерна 3 г.п.) в зернотравянопропашном восьмипольном севообороте больше всего азота (17,1 – 22,5%) попадало в почву с растительными остатками люцерны. Остатки горохоовсяной смеси оставляли 10,2%, кукурузы – 9,6%, пайзы – 9,1%, кормовой свеклы – 5,6%, яровой пшеницы – 4,0; (Шумаков, 2006).

Вместе с корневыми и пожнивными остатками происходит поступление в почву и других элементов питания, важных для жизнедеятельности растений. В первую очередь это касается фосфора и калия. В чистых посевах клевера и люцерны с корневыми и пожнивными остатками накапливается в почве 60 – 70 кг/га фосфора, 41 – 55 калия и 90 – 197 кг/га кальция (Шайтанов, Шурхно, 2004; Калашников и др., 2006). Бобово-злаковые травосмеси при минерализации корневых и пожнивных остатков оставляют в почве 5 – 35 кг фосфора и 61 – 93 калия (Захарьев, 1981).

Структурное состояние почвы является одним из важнейших показателей ее плодородия. Свойства структурной почвы в полной мере выявляются в том случае, когда она не менее чем на 65 – 75% сложена из прочных пористых комочков размером от 1 до 10 мм (Вильямс, 1949). По мнению М.Г. Чижевского и др. (1953) к структурным почвам следует относить такие, в состав которых входят прочные комочки, размером начиная от  $\frac{1}{4}$  мм. Почва, состоящая из комков размером от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{1}{2}$  мм по свойствам капиллярности ничем не отличается от полностью распыленной (Нарциссов, 1953). Совершенно иными свойствами обладает почва, сложенная из водопрочных комочков крупнее  $\frac{1}{2}$  мм. Она характеризуется хорошей влагоемкостью, прочно сохраняет воду, а избыток последней быстро просачивается в более глубокие слои.

Многолетние злаковые травы образуют корневую систему, состоящую из очень большого количества тонких корешков, переплетающих весь пахотный слой почвы, разделяющих ее на отдельные комочки. После отмирания корней и их разложения бактериями образуется перегной, который склеивает эти комочки почвы. Однако этот перегной является неустойчивым против размывания. Такая почва легко заплывает после дождя. Корни многолетних бобовых глубже проникают в почву и берут из нижних слоев кальция, накапливая его в большом количестве в верхней части корневой системы. После отмирания и разложения корней кальций освобождается и, соединяясь с перегноем, образовавшимся после корней злаковых трав, придает ему устойчивость против размывания водой. Таким образом, создание прочной комковатой структуры, восстановление и повышение плодородия почвы более совершенно достигается при посеве многолетнего бобового компонента в травосмеси с многолетними злаковыми видами (Селенкин, 1948).

Некоторые исследователи считают, что образование комковатой структуры почвы возможно только при наличии мочковатой корневой системы злаков. Корневая же система бобовых с ее толстым стержневым корнем, грубым ветвлением его в верхних слоях и полным отсутствием мочковатости не способна, по мнению Н.М. Тулайкова (1962), образовывать комковатую структуру почвы.

Проведение микроагрегатного анализа почвы учеными НИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого показало, что на следующий год после распахки трав количество микроагрегатов величиной от 0,5 до 5 мм после клеверотимофеечной травосмеси составило 64,4%, тогда как после ежи сборной – 57,5%, а после клевера – 44%. При этом корни клеверотимофеечной травосмеси пронизывали почву во всех направлениях, разделяли ее на сравнительно небольшие агрегаты, уплотняли и скрепляли их (Фигурин, 1995). Исследования В.П. Нарциссова (1953) на различных травосмесях (клевер красный + тимофеевка, люцерна + тимофеевка, клевер красный + люцерна + тимофеевка, люцерна) показали, что наилучшим структурообразователем явилась тройная смесь. Количество водопрочных агрегатов крупнее 0,5 мм в ней составило 54,3%, тогда как в смесях клевер + тимофеевка – 45,2%, люцерна + тимофеевка – 44,5% и у люцерны – 39,5%. В среднем за годы исследований наилучшая структурность почвы в слое 0 – 10 см была под бобовыми многолетними травами и составила 63,7 – 68,8%. Под злаковыми травами она снижалась до 57,1 – 57,5%, на старопахотной почве она снижалась до 52,2%. В более глубоких слоях (10 – 20 см и 20 – 30 см) структурность возрастала по сравнению с верхним слоем под бобовыми до 67,2 – 72,8, под злаковыми – до 61,8 – 64,7, а под овсом – до 60,7%. В слое 0 – 30 см наибольшее количество ценных структурных агрегатов было под люцерной – 66,5%, несколько меньше их отмечено под эспарцетом – 64,0%, под злаковыми травами их число снижалось до 61,3 – 61,9%, а под овсом – до 57,4%. Наибольший коэффициент структурности, согласно данным Е.П. Денисова, А.П. Солодовникова, А.С. Мокина (2006), наблюдался под люцерной – 1,98. Несколько ниже он был под эспарцетом (1,78) и донником (1,67). Кострец безостый и житняк имели коэффициент структурности 1,62 и 1,58, а овес – 1,35 (Кшникаткина и др., 2004). В целом, по способности структурообразования С.А. Воробьев (1982) располагает сельхозкультуры в следующем (убывающем) порядке: многолетние бобово-злаковые травосмеси, многолетние бобовые травы, однолетние смеси, озимые зерновые культуры, кукуруза, яровые зерновые и зернобобовые, лен, картофель, корнеплоды. В этой же последовательности

снижается и количество органического вещества, оставляемого в почве указанными видами растений, то есть существует прямая зависимость структурообразующих свойств видов растений от массы их корневой системы. Разумеется, как отмечает Ф.Н. Лисецкий (1989), приведенная выше иерархия свойств культур зависит от почвенно-климатических условий конкретной территории.

Культурные растения предъявляют неодинаковые требования к плотности почвы. Многолетние травы позволяют привести плотность почвы к оптимальному состоянию, пригодному для возделывания многих сельскохозяйственных культур. При изучении влияния разных видов бобовых и злаковых трав на агрофизические свойства почвы получены следующие результаты: плотность почвы в слое 0 – 30 см под кострцом безостым была равна 1,20 г/см<sup>3</sup>, под люцерной – 1,23 г/см<sup>3</sup>, под эспарцетом – 1,25 – 1,27 г/см<sup>3</sup> (оптимум для зерновых культур – 1,20 – 1,30 г/см<sup>3</sup>). В слое 30 – 60 см плотность почвы под люцерной и эспарцетом составляла 1,34 – 1,36 г/см<sup>3</sup>, под остальными культурами – 1,37 – 1,42 г/см<sup>3</sup>. Наибольшая пористость за годы исследований была в пахотном слое под кострцом безостым (55,8%) и под люцерной (54,1%). В подпахотном слое наибольшая пористость была под люцерной (49,6%) и под эспарцетом (48,6%). Наименьшая пористость оказалась после кострца и житняка. Пористость аэрации под бобовыми травами наибольшая была у люцерны и составила в пахотном слое 20,9%, а в подпахотном – 17,2%. Под эспарцетом она равнялась 19,9% и 16,9%. Под злаковыми культурами наибольшая пористость аэрации отмечена у кострца безостого – 22,4 и 14,0% соответственно и у житняка – 19,3% и 11,9% соответственно (Денисов и др., 2006).

Сельскохозяйственное производство способствует тому, что значительные площади пахотных земель подвергаются активным эрозионным процессам. На слабосмытых почвах урожайность снижается на 10 – 15%, на среднесмытых – на 10 – 40% на сильносмытых – на 40 – 60%, что обусловлено выносом из почвы с поверхностным стоком необходимых элементов питания растений (Петелько, 2004). Благодаря высокой структурообразовательной способности и плотной дернине, многолетние травы являются наилучшими культурами для

борьбы с эрозией. По своей противозерозионной стойкости они уступают только целинной растительности (Кузнецов, 1978). Важной особенностью многолетних трав является то, что на почвах, подвергшихся эрозии, они способны давать высокие урожаи. По уровню снижения урожайности на почвах, подвергшихся эрозии, сельскохозяйственные культуры располагаются в следующем порядке: многолетние травы (урожайность на слабосмытых почвах составляет 90 – 96% и 85 – 90% на среднесмытых от незродированных), горох (85 – 95 и 60 – 70%), кукуруза на силос (80 – 85 и 60 – 70%), озимая рожь (87 – 93 и 55 – 65%), овес (82 – 87 и 55 – 65%), озимая пшеница (85 – 90 и 50 – 60%), ячмень (80 – 85 и 45 – 55%), яровая пшеница (70 – 80 и 40 – 50%), картофель и сахарная свекла (80 – 90 и 30 – 40%) (Калашников и др., 2006).

Состав почвенной микрофлоры оказывает активное влияние, как на почвенные процессы, так и на жизнедеятельность растений. Многие многолетние травы оказывают положительное воздействие на состав микрофлоры почвы (Грислис, Решетников, 1999; Довлар, 2001). Так, О.Л. Шайтанов, Р.А. Шурхно (2004) изучали влияние разных сортов клевера на почвенные микроорганизмы. В почве опытного участка сообщество микромицетов было представлено в основном патогенными родами: *Aeternaria* Sp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus* Sp., *Trichoderma* Sp., *Ascochita* Sp., *Septaria* Sp. Установлено, что у всех исследуемых трав просматривается тенденция сдерживания и подавления численности микроскопических грибов от первого года пользования ко второму. После посевов клевера значительно снижается поражение зерновых колосовых культур болезнями (в частности, корневыми фузариозными гнилями) (Никитин и др., 2003).

Кроме микрофлоры, на почву значительное влияние оказывает мезофауна. Роль ее в повышении плодородия велика и разнообразна. При ее помощи происходит освоение и последующая минерализация растительных и пожнивных остатков органического вещества, синтез перегноя, разрушение токсических веществ, образующихся в почве. Применение минеральных удобрений в больших дозах приводит к количественному (уменьшение живой массы) и качественному (уменьшение количества видов) угнетению мезофауны. Посевы

многолетних трав с органикой без применения минеральных удобрений или с внесением их небольшими дозами позволяют поддерживать плодородие почвы и сохранять мезофауну.

Многие исследователи отмечают возможное негативное влияние минеральных удобрений на свойства почвы (увеличивается кислотность, возрастает скорость минерализации гумуса и уменьшается его содержание, уменьшается насыщенность почв основаниями) (Кулаковская, 1978; Степаненко, 1980; Knowles, 1982; Гамзиков, Кулагина, 1990; Минеев, Дебрецени, Мазур, 1993; Гомонова, 1996). Многолетние травы, как и другие культуры, не могут оказывать сильного нейтрализующего влияния на данный фактор (Авдонин, 1969). Однако с учетом того, что они при применении минеральных удобрений повышают свою урожайность и количество корневых и пожнивных остатков, поступающих в почву, то увеличивается и поступление элементов питания. По сравнению с другими культурами применение минеральных удобрений именно под многолетние травы способно оказывать положительное влияние на плодородие почвы. И это влияние оказывается значительно более сильным фактором, чем отрицательное воздействие минеральных удобрений на почву.

Луговые травы, улучшая водопрочность агрегатов и структуру почвы, повышают ее плодородие, в первую очередь за счет накопления гумуса при разложении корневой системы, улучшения агрофизических и агрохимических свойств почвы, предотвращают излишнюю минерализацию, сработку торфа с 3-5 до 0,5 см в год – вынос питательных веществ с дренажными водами. Тем самым сохраняют (а в ряде случаев повышают) плодородие почвы, защищают ее от загрязнения ядохимикатами, сточными водами (Зотов, Семенов, 2007).

Фитомелиорация природных кормовых угодий благодаря прямому влиянию растений через корневую систему на почву, а также из-за отзывчивости многих видов многолетних трав – виолентов на различные приемы ухода за травостоями и их использование проявляется на ее плодородии. Прямое воздействие луговых трав на плодородие почвы обусловлено развитием дерновообразовательного процесса на сенокосах и пастбищах, способствующего накоплению

органического вещества и закреплению в нем основных питательных веществ. По данным ВНИИ кормов, на суходольном лугу в Центральном районе лесной зоны в почве долголетнего (40 лет) злаково-разнотравного сенокоса содержалось 18 т/га сухого вещества корней и подземных органов, в которых было закреплено около 270 кг/га азота и калия и 85 кг/га фосфора. Содержание гумуса за этот период повысилось на 0,91%, прирост гумуса в слое почвы 0 – 20 см составил 14,2 т/га при среднегодовом накоплении 0,36 т/га (Зотов, Семенов, 2007).

Минеральные удобрения оказывают прямое и косвенное влияние на содержание и состав гумуса. Прямое влияние проявляется в изменении условий гумусообразования, а именно в изменении реакции среды, пептизации гумусовых веществ, воздействии на биохимическую активность почвы. Косвенное – в увеличении биомассы растительных остатков, поступающих в почву при внесении минеральных удобрений, способствующих уменьшению потерь гумуса по сравнению с неудобренной почвой (Фридланд, 1985; Минеев, Ремпе, 1991). Органические остатки содержат набор биофильных элементов, которые высвобождаются при минерализации в соотношениях, близких к оптимальным для формирования фитомассы растений (Верниченко, Мишустин, 1980; Фокин, 1988; Усманов, 1988).

Коэффициент использования элементов минерального питания (кроме азота), входящих в состав растительных остатков обычно в 3 – 4 раза выше, чем из минеральных удобрений или запасов подвижных элементов в почве (Мишина, 1987). Под влиянием минеральных удобрений, особенно азотных, повышается коэффициент гумификации растительных остатков (Дьяконова, Буреева, 1987). Установлено (Кудеяров, 1989), что азот минеральных удобрений включается во все фракции органического вещества почвы. Многочисленные литературные данные указывают на то, что минеральные удобрения способствуют накоплению органического вещества в почве, повышают содержание доступных соединений фосфора и калия, влияют на содержание в почве микроэлементов (Наумченко, Ковшик, 2001; Байбеков, Есипова, 2001; Reuter, 1981).

Однако существует и противоположное мнение по этому вопросу. Некоторые авторы приводят данные, показывающие, что минеральные удобрения способствуют увеличению подвижности органического вещества почвы, усилению минерализации гумуса, увеличению лабильных органических веществ (Безносиков, 1997; Солдатов, Обручникова, 2001; Мязин, Луценко, 2002). Результаты отдельных опытов свидетельствуют о некотором отрицательном действии минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы (особенно легкого гранулометрического состава) (Безносиков, 1997).

Минеральные удобрения способствуют некоторой стабилизации гумуса в почве (Житов, Долгополов, 2001). Так, в удобренных вариантах по сравнению с контролем в пахотном слое содержание гумуса было выше на 0,2 – 0,4%. Содержание подвижного фосфора также увеличивалось.

Воспроизводство и поддержание гумуса на более высоком уровне обусловлено нормами внесения удобрений. С увеличением ежегодных доз внесения полного удобрения, как правило, увеличивается накопление органических соединений (Мазур, Ермолаев, 1985; Воробьев, 1987; Байбеков, Есипова, 2001).

На кислых дерново-подзолистых почвах отсутствие накопления органического вещества связывается с ослаблением процессов гумификации и закрепления гумусовых веществ. При систематическом применении минеральных удобрений на кислых и близких к нейтральным почвах ухудшаются их физико-химические и биологические свойства (Минеев, Гомонова, 1988), происходит разрушение гумуса, при этом эффективность минеральных удобрений снижается на 20 – 30% (Скроманис, Анспок, 1988). Неблагоприятные изменения происходят быстрее на почвах легкого гранулометрического состава.

На почвах легкого гранулометрического состава действие удобрений на изменение содержания гумуса находится чаще всего на уровне поддерживающего, так как различия с контролем составляют 2 – 7% (Воробьев, 1987).

Систематическое применение минеральных удобрений приводит к накоплению веществ с меньшей глубиной гумификации, влияющих более активно на биологические, физико-химические и физические свойства почв разных типов

(Шевцова, 1988). Установлено также, что количество лабильных органических веществ под влиянием минеральных удобрений возрастает в 3 – 5 раз по сравнению с контролем (Ганжара, 1988).

Систематическое (в течение 30 лет) применение минеральных удобрений (NPK по 31 кг/га) на супесчаной дерново-подзолистой почве способствовало снижению содержания гумуса в пахотном слое на 4 – 5%, накоплению его в подпахотных слоях (на 6 – 33% больше, чем в контроле). Уменьшение содержания гумуса в пахотном слое связано в основном с миграцией его подвижных форм по профилю почвы, чему способствует ее легкий гранулометрический состав (Бабарина и др., 1987).

Минеральная система удобрения на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве обусловила снижение кислотности почвы на 0,2 – 0,3 ед. рН за ротацию севооборота (Солдатов, Обручникова, 2001). В опытах В.Т. Наумченко, И.Г. Ковшик (2001) по истечении 35 лет внесение минеральных удобрений сопровождалось повышением относительно контроля обменной и гидролитической кислотности на 0,2 ед. рН и 0,5 – 1,0 мг.-экв. на 100 г почвы соответственно.

В длительных опытах Пермской сельскохозяйственной опытной станции (Попова и др., 1980) наблюдалось различное влияние минеральных удобрений на обменную кислотность почвы. Фосфорные и калийные удобрения довольно устойчиво снижали ее по всему профилю почвы 0 – 60 см (по сравнению с контролем без удобрений), а азотсодержащие, напротив, повышали только в пахотном и подпахотном горизонтах (0 – 40 см).

Обобщенные данные по изменению свойств почв под влиянием удобрений, проведенные Л.М. Жуковой (1980) по материалам исследований в длительных опытах, проведенных в различных почвенно-климатических зонах страны и за рубежом, показывают, что значение минеральных удобрений в ухудшении физико-химических свойств сильно преувеличено. Действие их на свойства почв зависит от многих факторов. Широкое применение известкования или добавок, нейтрализующих физиологическую кислотность удобрений,

позволяет своевременно устранять нежелательные явления и успешно регулировать процессы, протекающие в почве.

Песчаные почвы бедны калием. В суглинистых почвах, как правило, валовое содержание калия обычно составляет 1 – 2%, то в песчаных почвах оно не более 1% (Носов и др., 1997; Прокошев, Дерюгин, 2000). Легкие почвы способны накапливать калий значительно в меньшей степени, чем тяжелые. Размеры накопления зависят не только от соотношения механических фракций в почве, но и от количества и формы внесенных удобрений, возделываемых сельскохозяйственных культур, их чередования, времени известкования, доз извести, длительности опыта и количества осадков (Андреева, 1975; Карпова, 1975).

В литературе встречаются противоречивые данные по обеспечению почвы калием. По мнению одних (Гладкова, 1963; Балев и др., 1969), внесение навоза и калийных удобрений в обычных дозах не приводит к существенному накоплению в почве запасов обменного и усвояемого калия. Другие авторы (Дзикевич, 1978; Ланг, 1978), наоборот, утверждают, что систематическое внесение калийных удобрений существенно увеличивает содержание подвижных форм калия.

Закрепление калия почвами изучали в длительных полевых опытах (Жукова, 1974). Установлено, что в легких дерново-подзолистых неизвесткованных почвах обменного калия накапливается больше, чем необменного, в известкованных – наоборот. Однако в этой и другой форме размеры накопления калия невелики.

Вследствие малой способности легких почв к закреплению калия, как в обменной, так и в необменной формах большие его количества вымываются из верхних горизонтов почвы в нижележащие или за пределы почвенного профиля. По данным В.В.Носова и др. (1997), наибольшая миграция калия за пределы пахотного горизонта наблюдалась в песчаной и среднесуглинистой дерново-подзолистой почве и зависела от дозы калия. По обобщенным данным лизиметрических опытов (Шишов и др., 1998) потери калия за счет выщелачивания связаны с типом почвы и с увеличением доз калийных удобрений. Из 28 обобщенных лизиметрических опытов на торфяной и супесчаной удобренных почвах ежегодные потери калия достигали 60 – 70 кг  $K_2O$ /га. При длительном система-

тическом применении калийных удобрений в условиях многолетних полевых опытов (Прокошев, 1984) при ежегодном внесении до 60 – 90 кг/га заметная миграция калия удобрений наблюдалась до глубины 100 см на легких почвах.

Существенное влияние на миграцию калия оказывают формы азотных удобрений. В стационарных лизиметрических опытах (Прокошев, 1984) вымывание калия за пределы изучаемого почвенного профиля увеличилось при внесении азотных удобрений, в особенности натриевой селитры. В то же время, несмотря на значительную подвижность калия удобрений, особенно в песчаных почвах, следует учитывать, что наиболее мощным «потребителем» этого элемента являются растения. В результате агротехнические приемы, способствующие росту и развитию растений, в том числе и внесение азота, ведут к сокращению потерь калия. Применение азотных удобрений в полевых опытах в целом уменьшало количество калия в почвенном профиле и увеличивало различия между обменным и необменным калием за счет более интенсивного сокращения доступной растениям обменной формы (Прокошев, Дерюгин, 2000).

Потери калия резко снижаются при использовании щелочных форм калийных удобрений. По данным И.А. Норкиной (1970), калий из углекислой формы в два раза больше поглощается супесчаной почвой, чем из хлористой формы. Так как легкие почвы обладают малой буферностью, то на них быстрее, чем на тяжелых, проявляется подкисляющее действие минеральных удобрений, особенно азотных (Кореньков, 1999).

Накопление обменного калия в почве значительно интенсивнее происходит при внесении органических удобрений по сравнению с калийными минеральными. Процесс фиксации калия в необменную форму в дерново-подзолистых песчаных почвах выражен слабо, поэтому для увеличения запасов калия в почве необходимо ежегодное внесение калийных минеральных удобрений.

На основании многолетних данных агрохимслужбы А.В. Постников, С.А. Шафран (1987) пришли к выводу, что для повышения содержания подвижного калия в дерново-подзолистой легкой почве на 10 мг/кг, необходимо внести сверх выноса 40 – 60 кг  $K_2O$  на га. В опыте Раменской агрохимической станции

НИУИФ при внесении за ротацию севооборота на 525 кг/га калия больше, чем вынесено урожаями, содержание обменного  $K_2O$  увеличивалось на 6,7 мг/кг по сравнению с контролем. Каждые 100 кг калия, внесенных сверх выноса, увеличивали его содержание в почве примерно на 1,5 мг на 100 г (Прокошев, 1988). В длительных полевых опытах на дерново-подзолистых почвах отмечалось уменьшение запаса обменного калия на 1,0 – 1,5 мг на 100 г за ротацию севооборота в вариантах без внесения калия (Иванова, 1989). Систематическое внесение калийных удобрений коренным образом меняет калийный режим почв, увеличивая содержание воднорастворимого, обменного и труднодоступного калия, при этом повышается его подвижность и доступность растениям (Петербургский, Янишевский, 1989).

Результаты длительных полевых опытов показывают, что изменения в калийном режиме почв тесно связаны с интенсивностью баланса калия и генетическими свойствами почвы (Минеев, 1986; Литвак, Панкова, 1989). На легких почвах фиксация калия проявляется незначительно (Беляев, 1974; Забаевская, 1974; Жукова, Панкова, 1986), а на тяжелых часть его вступает во взаимодействие с почвой и становится малодоступной для растений, являясь резервом обменного и воднорастворимого калия (Прокошев, Бурдукова, 1980). В связи с этим на почвах легкого механического состава расходуется гораздо меньше удобрений на «сдвиг» содержания  $K_2O$  на 1 мг по сравнению с тяжелыми. Однако эта зависимость выражена слабее по сравнению с фосфором, что можно объяснить более высокой способностью калия к выщелачиванию и его потерь из корнеобитаемого слоя почвы. Если потери фосфора в результате выщелачивания составляют 0,01 – 0,8 кг/га в год или практически отсутствуют, то для калия они составляют 0,4 – 0,12 кг/га (Шафран, Ваганов, 1979), а в отдельных случаях на очень легких почвах при высоких дозах удобрений доходят до 20 кг/га и более.

Дерново-подзолистые почвы характеризуются низким содержанием подвижного фосфора. Длительное систематическое внесение фосфора с минеральными, органическими удобрениями способствует накоплению в почвах остаточных фосфатов. Основное количество фосфатов накапливается в пахот-

ном слое песчаных почв, однако некоторое накопление наблюдается и в более глубоких горизонтах – до глубины 80 – 100 см (Карпова, 1975).

Остаточные фосфаты – один из основных факторов повышения плодородия почвы, особенно при длительном систематическом внесении фосфорных удобрений в дозах, превышающих вынос фосфора растениями (Чумаченко, 1970; Панников, Минеев, 1977; Постников, Шафран, 1978; Гаврилов, 1983; Сдобникова, 1985).

Опыты Долгопрудной агрохимической станции НИУИФ говорят о том, что каждые 100 кг фосфора, внесенные сверх выноса урожаем, увеличивают его содержание в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве на 1,0 – 1,3 мг на 100 г почвы (Вехов, Хлыстовский, 1976). По данным Северо-западного НИИ сельского хозяйства при превышении внесения фосфора над выносом в два с лишним раза за две ротации севооборота содержание легкорастворимых фосфатов в пахотном слое увеличилось с 6 до 17,5 мг на 100 г почвы (Чубаров и др., 1973). Вместе с тем исследования показывают, что темпы накопления фосфора и калия в различных почвах существенно отличаются друг от друга и эти различия существенны даже в пределах одного типа почв и зависят от ряда факторов. По мнению Л.Б. Рейнфельд (1978), с увеличением содержания в почве физической глины и гумуса остаточное количество подвижного фосфора в дерново-подзолистой почве уменьшается, в результате образования фосфорно-органических соединений и более прочных связей фосфора с минеральными частицами. Установлена тесная связь между остаточным содержанием подвижного фосфора, величиной рН, исходным запасом  $P_2O_5$  в почве до закладки опыта. По мере снижения кислотности увеличивается остаточное количество подвижного фосфора в форме фосфатов кальция и снижается количество фосфатов алюминия (Бабарина и др., 1991). Поэтому на менее кислых почвах для «сдвига» содержания подвижного фосфора в сторону увеличения расходуется меньше удобрений.

Кислотность почвы и связанные с ней содержание подвижного алюминия, железа, кальция, магния наиболее сильно влияют на подвижность фосфат-ионов (Соколов, 1950; Рассел, 1955; Кулаковская, 1982, 1990; Щербаков и др.,

1986). Высокая концентрация ионов водорода сопровождается повышением содержания в почве реакционно-способных алюминия, железа, марганца, на долю которых приходится максимальное количество фиксированных фосфатов. Как следствие этого эффективность фосфорных удобрений по мере увеличения кислотности возрастает, а коэффициент их использования снижается.

Э. Рассел и др. (1955) допускают, что неблагоприятные условия питания растений фосфором на кислых почвах могут вызываться не недостатком фосфора в почве, а усилением активности железа, которое связывает фосфат в корнях в виде фосфата железа или в виде органического комплекса фосфора и железа.

Аналогичные действия на кислых почвах может оказывать и алюминий, который по своему неблагоприятному на растения действию часто превосходит действие актуальной кислотности почв (Авдонин, 1965). По предположению К.Блэк (1973) алюминий, поступая в корни, инактивирует часть фосфора, поглощенного корнями, ухудшая тем самым питание растений фосфором. Установлено, что на стенках растительных клеток происходит аккумуляция фосфат-ионов за счет адсорбированного связывания его с алюминием и образованием нерастворимого осадка фосфата алюминия, что в дальнейшем приводит к существенному нарушению метаболизма фосфора. Перевод алюминия в нерастворимые формы может привести к увеличению коэффициента использования фосфорных удобрений (Авдонин, 1979; Сдобников и др., 1979).

В публикациях встречаются некоторые расхождения в величинах, характеризующих степень обогащения почв элементами питания, что объясняется неоднородностью почвы опытных участков и неравномерностью распределения фосфора в пахотном слое, избежать которых в полевых условиях невозможно. Колебания в содержании подвижных фосфора и калия могут возникать также из-за различных сроков отбора почвенных образцов и достигать в дерново-подзолистых почвах более одного интервала групп обеспеченности почв элементами питания (Барбалис и др., 1970).

Сравнение данных по ежегодному и периодическому применению удобрений показывает, что на дерново-подзолистой почве к концу четырехлетнего

цикла способ внесения не оказывал существенного влияния на содержание усвояемых фосфатов, хотя в первый год преимущество было за последним (Стадник, 1973). На карбонатном черноземе периодическое внесение фосфорных удобрений создало более высокий резерв подвижных фосфатов, чем при ежегодном применении (Бунякин, 1978).

Неадекватные изменения фосфатного режима почв при внесении одинаковых количеств фосфорных удобрений за один или несколько приемов отмечено в Болгарии, где установлена неодинаковая подвижность и усвояемость фосфора в зависимости от способа внесения. На серой лесной почве и карбонатном черноземе через 10 месяцев подвижного фосфора больше содержалось на участках при единовременном внесении по сравнению с дробным внесением, что объясняется созданием первоначально более высокой концентрации фосфора, препятствующей его ретроградации (Гырбучев, 1981).

На темпы накопления подвижного фосфора существенное влияние оказывает также и его исходное содержание. Для того, чтобы дерново-подзолистую среднесуглинистую почву перевести из средней группы обеспеченности в повышенную, затрачивалось 60 – 96 кг/га  $P_2O_5$  на 10 мг/кг почвы, а для перехода из повышенной обеспеченности в высокую почти в 2 раза меньше (Литвак, Бабарина и др., 1990).

Однако, несмотря на многочисленные исследования, еще недостаточно изучены закономерности изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия, которые можно было бы использовать для прогнозирования их запасов в почве. С этой целью агрохимической службой России проведены длительные опыты на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, где использовались достаточно высокие дозы удобрений (180 – 640 кг/га  $P_2O_5$  и 215 – 760 кг/га  $K_2O$ ) за ротацию или звено севооборота (Шафран, Ваганов, 1980). Результаты свидетельствуют о том, что во всех опытах баланс фосфора складывается положительно, и к концу ротации севооборота везде наблюдалось увеличение  $P_2O_5$  в почве. При этом отмечено, что обогащение легких почв подвижным фосфором происходило более быстро. Баланс калия в большинстве севооборо-

тов складывался положительно, и это приводило к увеличению его содержания в пахотном слое. Для того, чтобы увеличить его запас на 10 мг на 1 кг в дерново-подзолистой почве расходовалось от 32 до 58 кг/га  $K_2O$ , внесенного сверх выноса урожаем.

Совместное внесение или сочетание калийных удобрений с азотными и фосфорными туками при определенных соотношениях заметно оптимизирует минеральное питание удобряемых культур. Весьма важно при систематическом применении минеральных удобрений в различных звеньях севооборота выдерживать соотношение азота и калия. Эффективность азотных удобрений, когда они вносятся в повышенных дозах, существенно превышающих дозы калийных туков, заметно снижается, усиливается отрицательное действие азота на качественные и товарные свойства урожая. Оптимальное соотношение питательных веществ, вносимых с минеральными удобрениями, должно изменяться в зависимости от обеспеченности почвы тем или иным элементом питания (Прокошев, Дерюгин, 2000; Белоус и др., 2001; Ладонин, 2001). При этом необходимо учитывать, что важнейшим фактором использования удобрений является совершенствование агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур (Шаколо, 1998; Лапа и др., 2000).

В литературе имеются данные о влиянии удобрений на минералогический состав почв. Так, в опытах НИУИФ отмечено отрицательное влияние многолетнего внесения высоких доз минеральных удобрений без навоза на свойства высокодисперсной части дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы: снижалось количество агрегатированных илов и смектита (Хлыстовский и др., 1988). Наряду с накоплением питательных веществ, в длительно и интенсивно удобрявшихся почвах усиливаются процессы элювиирования: увеличиваются размеры выноса тонкодисперсных частиц из верхней части почвенного профиля, усиливается разрушение первичных и трансформация глинистых минералов (Турсина, 1998; Тонконогов, 1988).

Высокий уровень химизации сельского хозяйства меняет характер проблем, связанных с применением удобрений. Одна из важных задач ближайшего

будущего состоит в разработке и внедрении в производство интенсивных систем удобрения культур, обеспечивающих в конкретных природных условиях максимально возможную продуктивность сельскохозяйственных культур и расширенное воспроизводство плодородия почв (Иванова, 1989).

Плодородие – объективное свойство почвы, которое определяет продуктивность земледелия (Державин, 1992,). В.Р.Вильямс (1949) под плодородием понимал способность почвы удовлетворять потребность растений в воде и пище «бесперывно и одновременно максимальными количествами».

Одним из основных факторов повышения плодородия почв на основе увеличения урожайности сельскохозяйственных культур является научно обоснованная система применения удобрений и других средств химизации в интенсивных технологиях с учетом природно-климатических и региональных особенностей страны (Соколов, 1968; Минеев, 2004).

Воспроизводство плодородия почв, создание положительного или бездефицитного баланса питательных веществ для растений и гумуса в почве, рациональное использование земельных ресурсов является одним из главных условий стабилизации экономики аграрного сектора. Продуктивность сельскохозяйственных угодий и рентабельность растениеводческой отрасли в большей степени зависят от применения удобрений, возможности поддержания и повышения достигнутого уровня плодородия почв (Войтович, 1997; Минеев, Гомонова, 1998; Минеев, 2004; Белоус, Шаповалов, 2006).

Нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению ее качества, но и к снижению устойчивости агроландшафтов. В этой связи компенсацию дефицита биогенных элементов применением химических мелиорантов, органических и минеральных удобрений необходимо рассматривать как экологически обоснованную задачу, а объектом регулирования биологического круговорота становится уже не отдельный агроценоз, а агроландшафты в целом с учетом вертикальных и горизонтальных геохимических потоков (Жученко, 1994; Кирюшин, 1996; Минеев, 1997).

Воспроизводство плодородия почв, увеличение урожайности сельскохозяйственных культур можно осуществить лишь на основе научно обоснованного применения удобрений и других средств химизации в интенсивных технологиях с учетом природно-климатических и региональных особенностей страны (Лыков, 1982; Милащенко, 1990; Белоус, 2000; Сычев, 2000).

Растительные остатки имеют важное значение не только как фактор накопления гумуса, но и как источник питательных веществ, высвобождаемых в результате минерализации промежуточных продуктов разложения в почве. Процессы разложения в почвах легкого гранулометрического состава идут с большей скоростью, чем в почвах тяжелого гранулометрического состава. Обратная зависимость характерна для процессов гумификации. В результате на почвах легкого гранулометрического состава накопление органического вещества за счет синтеза уступает потерям его при минерализации. Длительное использование дерново-подзолистых почв при отсутствии удобрений привело к снижению содержания гумуса на песчаных почвах на 28 – 44%, суглинистых на 6 – 12% по сравнению с исходным уровнем (Шевцова, Дробков, 1981).

Дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава юго-запада Нечерноземной зоны России характеризуются низким естественным плодородием (Войтович, 1997; Белоус, 2000).

В Брянской области основные массивы пахотных земель характеризуются низким содержанием гумуса и доступных растениям питательных веществ, а также высокой кислотностью (Белоус, 1997), поэтому хорошо отзываются на приемы окультуривания.

### ***5.1. Динамика агрохимических показателей почвы под воздействием многолетнего злакового ценоза***

Выращивание многолетних травосмесей оказывает сильное влияние на агрохимическое состояние почв, улучшая азотный режим, повышая содержание подвижных соединений фосфора и калия и сдвигая реакцию почвенной среды

преимущественно в нейтральную сторону (Зезюков, Дедов, Харьковский, 2000; Баранова, Логуа, Мамаев, 2003 и др.). Возделывание же многолетних трав в полевых и кормовых севооборотах является одним из основных факторов, которые позволяют восстановить утраченное плодородие деградированных почв.

Таблица 25

Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на изменение агрохимических показателей почвы  
в многолетнем злаковом ценозе

| Вариант  | 1995 г  |      |               |      |                               |                  | 2007 г  |      |               |      |                               |                  |
|--|---------|------|---------------|------|-------------------------------|------------------|---------|------|---------------|------|-------------------------------|------------------|
|  | Гумус,% | рН   | Нг            | S    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | Гумус,% | рН   | Нг            | S    | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
|  |         |      | Мг.-экв/100 г |      | Мг/кг                         |                  |         |      | Мг.-экв/100 г |      | Мг/кг                         |                  |
| Естественный травостой                             |         |      |               |      |                               |                  |         |      |               |      |                               |                  |
| Контроль   | 3,12    | 5,00 | 2,9           | 9,5  | 121                           | 50               | 3,19    | 5,24 | 2,6           | 12,2 | 135                           | 58               |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 3,11    | 5,19 | 2,8           | 9,9  | 131                           | 54               | 3,22    | 5,38 | 2,5           | 12,5 | 142                           | 62               |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>  | 3,14    | 5,22 | 2,8           | 10,2 | 135                           | 58               | 3,21    | 5,43 | 2,4           | 12,5 | 141                           | 68               |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 3,12    | 5,22 | 2,8           | 10,1 | 148                           | 58               | 3,23    | 5,52 | 2,4           | 12,1 | 160                           | 65               |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 3,12    | 5,34 | 2,6           | 10,3 | 144                           | 52               | 3,23    | 5,56 | 2,2           | 12,3 | 158                           | 66               |
| Дискование   |         |      |               |      |                               |                  |         |      |               |      |                               |                  |
| Контроль   | 3,18    | 5,20 | 2,7           | 10,6 | 133                           | 55               | 3,27    | 5,60 | 2,6           | 11,3 | 139                           | 63               |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 3,18    | 5,55 | 2,5           | 10,8 | 142                           | 68               | 3,31    | 5,57 | 2,3           | 12,5 | 153                           | 76               |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>  | 3,21    | 5,70 | 2,5           | 10,7 | 155                           | 71               | 3,30    | 5,63 | 2,1           | 13,0 | 163                           | 77               |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 3,20    | 5,77 | 2,4           | 10,9 | 168                           | 73               | 3,33    | 5,60 | 2,2           | 12,9 | 174                           | 84               |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 3,22    | 5,81 | 2,3           | 11,1 | 172                           | 82               | 3,33    | 5,59 | 2,0           | 13,1 | 180                           | 90               |
| Двухъярусная вспашка                               |         |      |               |      |                               |                  |         |      |               |      |                               |                  |
| Контроль   | 2,92    | 4,71 | 3,1           | 9,4  | 125                           | 58               | 3,08    | 5,17 | 2,8           | 11,5 | 133                           | 62               |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 3,00    | 4,87 | 3,1           | 9,1  | 133                           | 61               | 3,11    | 5,25 | 2,6           | 11,9 | 141                           | 69               |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>  | 2,99    | 4,73 | 3,0           | 9,8  | 130                           | 60               | 3,10    | 5,29 | 2,7           | 11,9 | 140                           | 70               |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 3,02    | 4,86 | 3,1           | 9,9  | 136                           | 63               | 3,09    | 5,31 | 2,5           | 11,8 | 149                           | 68               |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 3,02    | 4,90 | 3,1           | 9,1  | 138                           | 63               | 3,11    | 5,29 | 2,6           | 12,1 | 148                           | 72               |

Данные наших исследований свидетельствуют, что проведение только лишь обработок почвы существенного влияния на физико-химические показатели почвы не оказало (табл. 25).

Через один год после закладки опыта содержание гумуса находилось в пределах 3,11 – 3,22%, кроме фона двухъярусной вспашки, где этот показатель был несколько ниже. Более низкими значениями на этом фоне характеризовались и остальные показатели агрохимической характеристики. Это связано с перемещением на поверхность нижележащих горизонтов почвы, менее обеспеченных гумусом и питательными веществами.

Более оптимальные значения рН, а также гидролитической кислотности и суммы обменных оснований через один год после закладки опыта наблюдались на фоне дискования.

Применение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание подвижных форм фосфора и калия в почве на всех изучаемых фонах.

Анализируя данные таблицы 25 через 14 лет после закладки опыта (2007 г.) следует отметить положительное влияние многолетних трав на агрохимические показатели почвы. Изменение всех показателей в целом имело позитивный характер. Даже на неудобренном контроле наблюдалась положительная динамика.

Отмечено увеличение содержания гумуса, однако достоверных различий в зависимости от фона не выявлено.

Минеральные удобрения способствовали некоторому увеличению в почве органического вещества на всех изучаемых фонах. Доза минерального удобрения не оказала значимого влияния на этот показатель.

Применение минеральных удобрений снизило и обменную, и гидролитическую кислотность, несколько увеличило сумму поглощенных оснований. Самое низкое значение рН отмечено на неудобренном контроле по фону двухъярусной вспашки.

Концентрация фосфора и калия в почве при внесении минеральных удобрений была несколько выше по сравнению с неудобренным контролем. Дозы

фосфорно-калийных удобрений оказывали влияние на содержание этих элементов в почве, прослеживается тенденция к увеличению изучаемых показателей. В целом отмечена положительная динамика содержания фосфора и калия в почве на всех изучаемых фонах.

Наиболее четко положительное влияние выращивания многолетних трав в сочетании с применением минеральных удобрений прослеживается на фоне двухъярусной вспашки. Так, например, сдвиг почвенной реакции в сторону нейтральной на этом фоне варьировал в пределах 0,3 – 0,56 ед. рН, в то время как на остальных фонах – только лишь 0,2 – 0,4 ед. рН. Содержание гумуса увеличивалось на 0,09 – 0,15%, а на других фонах – на 0,07 – 0,13%.

Таким образом, выращивание многолетних трав оказало позитивное влияние на агрохимическое состояние почвы. Даже на контрольном варианте, где не применялись минеральные удобрения, не наблюдалось падения плодородия во времени.

## ***5.2. Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на баланс элементов питания в агробиоценозе***

Применение удобрений требует дальнейшего систематического совершенствования приемов их рационального использования, выявления новых аспектов высокоэффективного применения удобрений, строгого учета баланса питательных веществ. Изучение баланса питательных веществ с учетом почвенно-климатических условий дает возможность оценить размеры статей баланса с точки зрения богатства почвы элементами питания, а определение баланса питательных веществ позволит систематически контролировать и направленно регулировать агрохимические свойства почв и повышать эффективность плодородия путем использования удобрений и химических мелиорантов. Необходима количественная оценка всех показателей, слагающих структуру питательного режима в земледелии.

Установление реального баланса азота почвы связано с особенностями трансформации и круговорота азота. Основные факторы круговорота – почва, микро- и мезоорганизмы, минеральные удобрения, растения, животные, атмосфера имеют позитивные и негативные стороны в азотном балансе. Происходят постоянные и разнообразные процессы ассимиляции и диссимиляции азота. Недоучет этих процессов ведет к неправильному представлению о приходно-расходных статьях баланса, к его искажению.

Основной целью сельскохозяйственного производства должно стать сохранение плодородия почв и, прежде всего, поддержание запаса элементов питания и гумуса на уровне, обеспечивающем высокую продуктивность культур. В связи с этим следует считать особо актуальным изучение баланса в почве элементов питания и гумуса.

Возделывание многолетних трав характеризуется относительно невысокими коэффициентами минерализации и высоким накоплением корневых остатков и рекомендуется в сельскохозяйственном производстве в качестве основного гумусосберегающего приема. На лугах и пастбищах травы выращиваются продолжительное время, что позволяет предположить возможность преобладания процессов гумификации над процессами минерализации. Результаты расчета баланса гумуса приведены в таблицах 26 - 28.

Среднегодовой баланс гумуса в многолетнем злаковом агрофитоценозе. Естественный травостой  
(среднее за 1995 – 2007 гг.)

| Вариант  | Урожай сена, ц/га | Вынос азота с урожаем, кг/га |                    | Общий вынос азота из почвы, кг/га | Минерализовано гумуса, ц/га | Накопление ПКО, ц/га | Образовано гумуса, ц/га | Баланс гумуса, ±ц/га |
|--|-------------------|------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
|  |                   | всего                        | в т.ч. азот гумуса |                                   |                             |                      |                         |                      |
| Контроль   | 23,9              | 62,14                        | 9,32               | 13,05                             | 2,61                        | 35,8                 | 6,44                    | +3,83                |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                   | 47,4              | 123,24                       | 18,49              | 25,89                             | 5,18                        | 61,6                 | 11,01                   | +5,83                |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 104,3             | 271,18                       | 40,68              | 56,95                             | 11,39                       | 93,9                 | 16,9                    | +5,51                |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 97,1              | 252,46                       | 37,87              | 53,01                             | 10,6                        | 87,4                 | 15,7                    | +5,10                |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>  | 94,7              | 246,22                       | 36,93              | 51,7                              | 10,34                       | 85,2                 | 15,3                    | +4,96                |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                  | 57,0              | 148,2                        | 22,23              | 31,12                             | 6,22                        | 74,1                 | 13,33                   | +7,11                |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 121,5             | 315,9                        | 47,38              | 66,33                             | 13,27                       | 109,3                | 19,67                   | +6,40                |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub> | 107,2             | 278,72                       | 41,8               | 58,52                             | 11,70                       | 96,5                 | 17,37                   | +5,67                |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 107,0             | 278,2                        | 41,73              | 58,42                             | 11,68                       | 96,3                 | 17,33                   | +5,65                |

Среднегодовой баланс гумуса в многолетнем злаковом агрофитоценозе. Сеяная злаковая травосмесь.

Обработка дисками (среднее за 1995 – 2007 гг.)

| Вариант  | Урожай сена,<br>ц/га | Вынос азота с урожаем, кг/га |                       | Общий вынос<br>азота из<br>почвы, кг/га | Минерали-<br>зовано гуму-<br>са, ц/га | Накопле-<br>ние ПКО,<br>ц/га | Образо-<br>вано гуму-<br>са, ц/га | Баланс гумуса,<br>±ц/га |
|--|----------------------|------------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
|  |                      | всего                        | в т.ч. азот<br>гумуса |   |                                       |                              |                                   |                         |
| Контроль   | 31,2                 | 81,1                         | 12,16                 | 17,02                                   | 3,4                                   | 43,68                        | 7,86                              | +4,46                   |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                   | 58,5                 | 152,1                        | 22,80                 | 31,9                                    | 6,4                                   | 76,05                        | 13,68                             | +7,28                   |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 128,4                | 333,84                       | 50,10                 | 70,14                                   | 14,02                                 | 115,56                       | 20,8                              | +6,78                   |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 116,0                | 301,6                        | 45,24                 | 63,34                                   | 12,67                                 | 104,4                        | 18,79                             | +6,12                   |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 118,0                | 306,8                        | 46,02                 | 64,42                                   | 12,88                                 | 106,2                        | 19,11                             | +6,23                   |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                  | 67,8                 | 176,28                       | 26,44                 | 37,02                                   | 7,4                                   | 31,36                        | 14,64                             | +7,24                   |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 140,0                | 364,0                        | 54,60                 | 76,44                                   | 15,29                                 | 126,0                        | 22,68                             | +7,39                   |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub> | 125,8                | 327,08                       | 49,06                 | 68,68                                   | 13,74                                 | 113,2                        | 20,38                             | +6,64                   |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 121,8                | 316,68                       | 47,50                 | 66,5                                    | 13,3                                  | 109,62                       | 19,73                             | +6,43                   |

Среднегодовой баланс гумуса в многолетнем злаковом агрофитоценозе. Сеяная злаковая травосмесь.

2-х ярусная вспашка (среднее за 1995 – 2007 гг.)

| Вариант  | Урожай сена,<br>ц/га | Вынос азота с урожаем, кг/га |                       | Общий вынос<br>азота из<br>почвы, кг/га | Минерали-<br>зовано гуму-<br>са, ц/га | Накопле-<br>ние ПКО,<br>ц/га | Образо-<br>вано гуму-<br>са, ц/га | Баланс гумуса,<br>±ц/га |
|--|----------------------|------------------------------|-----------------------|---|---------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
|  |                      | всего                        | в т.ч. азот<br>гумуса |   |                                       |                              |                                   |                         |
| Контроль   | 32,9                 | 85,54                        | 12,83                 | 17,96                                   | 3,59                                  | 46,06                        | 8,29                              | +4,7                    |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                   | 53,2                 | 138,32                       | 20,75                 | 29,05                                   | 5,81                                  | 69,16                        | 12,45                             | +6,64                   |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>  | 139,6                | 362,96                       | 54,44                 | 76,21                                   | 15,24                                 | 125,64                       | 22,61                             | +7,37                   |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 118,2                | 307,32                       | 46,09                 | 64,53                                   | 12,9                                  | 106,38                       | 19,15                             | +6,25                   |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>  | 120,8                | 314,08                       | 47,11                 | 65,95                                   | 13,19                                 | 108,72                       | 19,57                             | +6,38                   |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                  | 64,8                 | 168,48                       | 25,27                 | 35,38                                   | 7,1                                   | 77,76                        | 14,0                              | +6,9                    |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> | 141,4                | 367,64                       | 55,15                 | 77,21                                   | 15,44                                 | 127,26                       | 22,9                              | +7,46                   |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub> | 132,3                | 343,98                       | 51,6                  | 72,24                                   | 14,45                                 | 119,07                       | 21,43                             | +6,98                   |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | 126,0                | 327,6                        | 49,14                 | 68,8                                    | 13,76                                 | 113,4                        | 20,41                             | +6,65                   |

Представленные данные свидетельствуют, что даже на контрольных вариантах, где не вносились никакие удобрения, баланс гумуса носил положительный характер.

Возделывание злаковой травосмеси, как на естественном травостое, так и сеяном способствовало накоплению органического вещества в количествах, достаточных для поддержания бездефицитного баланса гумуса. Применение минеральных удобрений играло важную роль в накоплении органического вещества, увеличивая его по сравнению с неудобренным контролем на всех фонах обработки почвы. Обработки почвы практически не оказывали влияния на показатели баланса гумуса.

При длительном возделывании культурных многолетних трав целесообразно определение хозяйственного баланса элементов питания, то есть в расчетах следует указывать наиболее значимые факторы. В расходной статье - это количество элемента, отчуждаемого с товарной продукцией, в приходной – поступление данного элемента с удобрениями. Вынос элемента в таком случае будет определяться массой сухого вещества урожая и содержанием элемента в полученной продукции.

Расчет баланса фосфора (табл. 29) показал, что с хозяйственным урожаем отчуждается фосфора меньше, чем вносится с удобрениями, что привело к положительному его балансу во всех вариантах на всех изучаемых фонах обработки почвы, кроме контрольного, где наблюдался слабоотрицательный баланс. Величина баланса фосфора в опыте складывалась в зависимости от системы удобрения и колебалась от +46 до +102 кг/га за год. Обработки почвы практически не влияли на этот показатель.

Анализируя состояние баланса калия, следует отметить, что растения по-разному использовали калий, внесенный с удобрениями, в зависимости от его количества.

Повышение дозы калия в составе полного минерального удобрения способствовало увеличению его накопления в урожае и, как следствие, увеличению выноса из почвы.

Таблица 29

Среднегодовой баланс фосфора и калия в многолетнем злаковом агрофитоценозе

| Вариант   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |                                  |                           |              | K <sub>2</sub> O     |                                  |                           |              |
|---|-------------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------|
|   | сод-е в растениях, %          | общий вынос надземной массой, кг | внесено с удобрениями, кг | баланс, ± кг | сод-е в растениях, % | общий вынос надземной массой, кг | внесено с удобрениями, кг | баланс, ± кг |
| Естественный травостой                            |                               |                                  |                           |              |                      |                                  |                           |              |
| Контроль  | 0,21                          | 5                                | -                         | -5           | 1,58                 | 38                               | -                         | -38          |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                  | 0,33                          | 16                               | 90                        | +74          | 1,85                 | 88                               | 120                       | +32          |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | 0,34                          | 35                               | 90                        | +55          | 2,09                 | 218                              | 120                       | -98          |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | 0,33                          | 32                               | 90                        | +58          | 2,30                 | 223                              | 180                       | -43          |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | 0,36                          | 34                               | 90                        | +56          | 2,33                 | 221                              | 240                       | +19          |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                 | 0,32                          | 18                               | 120                       | +102         | 1,95                 | 111                              | 180                       | +69          |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>18</sub> | 0,34                          | 41                               | 120                       | +79          | 2,58                 | 313                              | 180                       | -133         |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>27</sub> | 0,36                          | 39                               | 120                       | +81          | 2,78                 | 298                              | 270                       | -28          |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>36</sub> | 0,36                          | 39                               | 120                       | +81          | 2,79                 | 298                              | 360                       | +62          |
| Дискование  |                               |                                  |                           |              |                      |                                  |                           |              |
| Контроль  | 0,28                          | 9                                | -                         | -9           | 1,48                 | 46                               | -                         | -46          |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                  | 0,33                          | 19                               | 90                        | +71          | 2,10                 | 123                              | 120                       | -3           |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | 0,34                          | 44                               | 90                        | +46          | 2,33                 | 299                              | 120                       | -177         |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | 0,37                          | 43                               | 90                        | +47          | 2,58                 | 299                              | 180                       | -119         |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | 0,36                          | 42                               | 90                        | +48          | 2,60                 | 307                              | 240                       | -67          |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                 | 0,32                          | 22                               | 120                       | +98          | 2,29                 | 155                              | 180                       | +25          |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>10</sub> | 0,34                          | 48                               | 120                       | +72          | 2,61                 | 365                              | 180                       | -185         |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>27</sub> | 0,35                          | 44                               | 120                       | +76          | 2,71                 | 341                              | 270                       | -71          |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>36</sub> | 0,37                          | 45                               | 120                       | +75          | 2,91                 | 354                              | 360                       | +6           |
| 2-х ярусная вспашка                               |                               |                                  |                           |              |                      |                                  |                           |              |
| Контроль  | 0,24                          | 7                                | -                         | -7           | 1,62                 | 53                               | -                         | -53          |
| P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>                  | 0,27                          | 14                               | 90                        | +76          | 2,12                 | 112                              | 120                       | +8           |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub> | 0,31                          | 43                               | 90                        | +47          | 2,40                 | 335                              | 120                       | -215         |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | 0,32                          | 38                               | 90                        | +52          | 2,53                 | 299                              | 180                       | -119         |
| N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub> | 0,34                          | 41                               | 90                        | +49          | 2,63                 | 317                              | 240                       | -77          |
| P <sub>120</sub> K <sub>180</sub>                 | 0,30                          | 19                               | 120                       | +101         | 2,19                 | 142                              | 180                       | +38          |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>18</sub> | 0,32                          | 45                               | 120                       | +75          | 2,67                 | 377                              | 180                       | -197         |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>27</sub> | 0,34                          | 45                               | 120                       | +75          | 2,77                 | 366                              | 270                       | -96          |
| N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>36</sub> | 0,36                          | 45                               | 120                       | +75          | 2,80                 | 352                              | 360                       | +8           |

Баланс калия, несмотря на достаточно высокие дозы хлористого калия был отрицательным, степень дефицита снижалась с увеличением количества внесенного удобрения. Используемые дозы калийного удобрения не компенсировали затрат этого элемента на построение урожая, в связи с чем практически

во всех вариантах сложился дефицитный баланс. Положительный баланс складывался в вариантах 2, 6, 9 на всех фонах обработки почвы.

### **5.3. Вертикальная миграция $^{137}\text{Cs}$ по профилю почвы в луговом агрофитоценозе**

Под миграцией радионуклидов в почве понимают совокупность процессов, приводящих к перемещению или перераспределению их между различными фазами и слоями почвы в горизонтальном и вертикальном направлениях (Шагалова, 1990; Пристер, Омеляненко, Перепелятникова, 1990; Гребенщикова, Фирсакова, Новик, 1992).

Вертикальная и горизонтальная миграция радионуклидов по профилю почв осуществляется под воздействием: 1) конвективного переноса с внутрипочвенной влагой; 2) диффузии свободных и адсорбированных ионов; 3) переноса радионуклидов по корневой системе растений; 4) переноса на мигрирующие коллоидных частицах в процессе лессиважа; 5) переноса в результате деятельности почвенных животных и человека (Шагалова, 1990).

Анализ содержания радионуклидов в травостое естественных и культурных луговых фитоценозов после аварии на ЧАЭС выявил значительный разброс показателей, который объясняется рядом факторов: неоднородностью уровня загрязнения почв, различиями по генезису и гранулометрическому составу, неодинаковой удаленностью обследуемых площадей от места аварии, различными формами нахождения радионуклида в почве. Как общая закономерность отмечена высокая степень загрязнения травостоя естественных кормовых угодий по сравнению с растительностью окультуренных сенокосов и пастбищ, а также сеянными травами, возделываемыми на пашне (Фирсакова, 1992; Санжарова, 1997; Гребенщикова и др., 1992).

Через 19 лет после загрязнения доля  $^{137}\text{Cs}$  продолжала оставаться в верхнем 10-сантиметровом слое почвы. На глубину ниже 20 см мигрировало не более 1 – 5%  $^{137}\text{Cs}$  и 2 – 8 %  $^{90}\text{Sr}$ . Для  $^{90}\text{Sr}$  характерна более интенсивная миграция

по профилю изучаемых почв, чем для  $^{137}\text{Cs}$ . Это обусловлено более высоким содержанием обменных (подвижных) форм  $^{90}\text{Sr}$  по сравнению с  $^{137}\text{Cs}$  в луговых почвах (Подоляк, 2007).

Травянистый покров естественных лугов представляет собой совокупность нескольких видов растений, из которых один (реже два) является доминирующим, и, таким образом, концентрация радионуклидов в растениях этого вида (видов) в значительной степени определяет уровень загрязнения травостоя в целом.

Результаты исследований, полученные в «дочернобыльский» период и в первые годы после аварии на ЧАЭС, показали, что биологическая доступность радионуклидов в большей мере зависит от их поведения в почве (почвенной химии радионуклидов) и от биологических особенностей самих растений. Установлено влияние основных почвенных свойств на поведение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в системе почва – растение, среди которых наиболее важными являются гранулометрический и минералогический составы, кислотность почвенного раствора, степень насыщенности основаниями, содержание органического вещества (Павлоцкая, 1974; Павлоцкая, Моисеев, 1986).

Поглощение радионуклидов почвой определяется распределением между двумя основными фазами почвы: твердой и почвенным раствором – и осуществляется за счет процессов сорбции – десорбции, осаждения – растворения труднорастворимых соединений и коагуляции – пептизации коллоидных частиц.

Чем меньший размер имеет почвенная частица, тем больше  $^{137}\text{Cs}$  она способна сорбировать и удерживать. Дерново-подзолистые почвы суглинистого гранулометрического состава поглощают в 2 – 3 раза больше радионуклида, чем песчаные почвы этого типа (Юдинцева и др., 1981). Наибольшим закрепляющим свойством обладает илистая фракция почв (Юдинцева и др., 1968). Ряд авторов указывают на то, что илистая фракция легких дерново-подзолистых почв поглощает  $^{137}\text{Cs}$  не полностью и фиксирует его в незначительных количествах по сравнению с илистой фракцией черноземов, пойменных, перегнойно-глеевых почв (Гулякин и др., 1975;

Горина, 1976). Песчаная фракция также сорбирует значительные количества радиоцезия, но большая его часть легко десорбируется (Evans, Dekker, 1966).

Минералогический состав почв влияет на необратимую фиксацию радиоцезия, которая происходит в результате вхождения радионуклида в межпакетное пространство кристаллических решеток глинистых минералов, а также фиксация слюдистыми минералами (Рерих, 1982; Schulz et al., 1960). Минералы группы монтмориллонита (асканит, гумбрин) и слюдистые минералы (флогопит, гидрофлогопит, вермикулит) закрепляют на порядок больше  $^{137}\text{Cs}$ , чем глинистые минералы каолиновой группы. Монтмориллонитовые и слюдистые минералы сорбируют радиоцезий на внутренних поверхностях, а каолиновые – экстрамицеллярно (Гулякин, Юдинцева, 1978). Наименее прочно радиоцезий закрепляется и наиболее интенсивно поступает в растения из малоплодородных почв легкого механического состава с преобладанием в илистой фракции минералов группы каолинита (Рерих, 1982).

Важное влияние на миграцию радионуклидов в почве и поглощение их растениями оказывает органическое вещество. Для большинства радионуклидов увеличение гумуса в почве является фактором, снижающим их переход в растения (Водовозова и др., 1981; Монтосов, 1988).

Поведение радионуклидов связано с органическим веществом почв специфической природы – гуминовыми и фульвокислотами. Способность гуминовых кислот адсорбировать ионы, а также образовывать прочные сложные комплексы с радионуклидами оказывает влияние на сорбцию их в почве и поступление в растения. Для ряда радионуклидов, например, трансурановых, заметное влияние на их доступность растениям оказывает образование соединений хелатного типа, которые характеризуются высокой мобильностью. Исключительно велика роль органического вещества в поступлении в растения радиоизотопов йода вследствие образования йодгумусовых соединений (Алексахин, 1992).

По всей вероятности, влияние на подвижность радионуклидов и доступность их растениям оказывает не столько валовое содержание органического вещества, сколько его качественный состав. Чем больше в почвенном органи-

ческом веществе фульвокислот, сахаров и других органических веществ повышенной растворимости, и чем меньше в ней гуминовых кислот, тем подвижнее содержащийся в нем  $^{137}\text{Cs}$ .

Образующиеся в почве соединения радиоцезия с органической частью почвы обладают различной степенью устойчивости, поэтому выполняют либо аккумулятивную, либо динамическую функцию (Бондарь и др., 1995). Наиболее миграционноспособной формой является водорастворимые комплексы радионуклида с низко- и среднемолекулярными органическими веществами, а наименее мобильный – часть радиоцезия, связанная с гуматами (Вирченко, Агапкина, 1993; Бондарь и др., 2000; Bunzl et al., 1998).

С увеличением содержания гумуса в почве наблюдается уменьшение количества водорастворимых органоминеральных соединений цезия-137. В мало-гумусных дерново-подзолистых супесчаных почвах доля  $^{137}\text{Cs}$  в подвижном состоянии в 2 – 3 раза больше, чем в более гумусированных почвах этого же типа (Бондарь и др., 1995).

Сорбция  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  дерниной на лугах препятствует их быстрому передвижению по профилю почв и облегчает их переход в растительность.  $^{137}\text{Cs}$  может закрепляться минеральными компонентами почвы, для него характерен перенос по почвенному профилю с тонкодисперсными частицами в фиксированном состоянии, тогда как 10 – 40%  $^{90}\text{Sr}$  связывается гуматами почвенного поглощающего комплекса (гуминовыми, гематомелановыми и фульвокислотами) или переносится в обменной форме. Доступность для растений  $^{90}\text{Sr}$  в ионной форме в 2 – 4 раза выше, чем из органо-минеральных комплексов, а переход  $^{137}\text{Cs}$  из гуматов в 1,3 – 1,5 и  $^{90}\text{Sr}$  в 2,0 – 2,5 раза ниже, чем из фульватов (Вирченко, Агапкина, 1993; Йохансон и др., 1997; Кузнецов и др., 2000).

Увеличение обеспеченности почв калием путем внесения возрастающих доз калийных удобрений способствует снижению в 1,5 раза относительного содержания подвижной формы  $^{137}\text{Cs}$ . На дерново-подзолистой почве внесение калийных удобрений оказывает более значимое влияние на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в

растения ячменя, чем на изначально лучше обеспеченной калием торфяной почве (Анисимов и др., 2001).

Кислотность почвы, изменяющаяся в интервале рН 5,8 – 4,1 для дерново-подзолистой и 6,7 – 6,4 для торфяной почвы не оказывает значимого влияния на содержание доступной для растений формы  $^{137}\text{Cs}$  и его химического аналога калия (Анисимов и др., 2001).

Кислотность почв неоднозначно влияет на биологическую подвижность в них радионуклидов. Для  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и большой группы радионуклидов с наведенной активностью при увеличении кислотности возрастает интенсивность поступления их в растения. Для многих радионуклидов зависимость поведения от кислотности почв довольно сложна: для некоторых из них характерны два и более пиков максимума подвижности.

Кислотность оказывает и косвенное влияние на сорбцию почвами радионуклидов, изменяя емкость катионного обмена (Сельскохозяйственная радиоэкология, 1991; Шутов и др., 1993; Подоляк, Богдевич и др., 2007).

В вегетационных и полевых экспериментах на выщелоченном черноземе и дерново-подзолистой песчаной почве установлено, что фосфорные удобрения оказывают неоднозначное влияние на накопление  $^{137}\text{Cs}$  в урожае сельскохозяйственных культур. Эффективность их применения определяется как формой, дозой и соотношением с другими видами минеральных удобрений, так и свойствами почв. Водорастворимые фосфорные и азотно-фосфорные удобрения в большинстве случаев приводили к увеличению (до 3,2 раза в полевых и 4,6 раза в вегетационных экспериментах) накопления  $^{137}\text{Cs}$  в зерне и соломе зерновых культур. Сбалансированные по дозам и соотношению элементов питания удобрения не оказывали существенного влияния на изменение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в растениях. Фосфорно-калийные удобрения способствовали снижению содержания  $^{137}\text{Cs}$  в урожае растений в 1,4 – 3,2 раза (Кузнецов, Санжарова, 2001).

Известкование почвы по полной гидролитической кислотности перед внесением различных доз суперфосфата способствует снижению биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$  в 1,3 – 4,2 раза (Кузнецов, Санжарова, 2001).

Окультуривание дерново-подзолистых почв (известкование, фосфоритование, внесение навоза в дозе 40 т/га и более) и оптимизация параметров почвенного плодородия гарантирует получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и обеспечивает снижение поступления  $^{137}\text{Cs}$  в организм человека с продуктами питания местного производства в 2,5 раза. Эффективным приемом ограничения перехода  $^{137}\text{Cs}$  в растения служит вспашка с оборотом пласта, обеспечивающая перемещение радионуклида за пределы корнеобитаемого слоя. Плужная обработка пахотных угодий в отдаленный период при возделывании зерновых культур в севообороте не оказывает значительного положительного эффекта. Накопление  $^{137}\text{Cs}$  в урожае при глубоком безотвальном рыхлении почвы (чизельные орудия) снижается в 2 раза (Ратников и др., 2001).

Вертикальная миграция в почве  $^{137}\text{Cs}$  протекает с малой скоростью. Глубина миграции радионуклидов зависит в значительной степени от состава органических и минеральных компонентов почвы и режима увлажнения. В почвах, испытывающих постоянное переувлажнение, радионуклиды мигрируют глубже, чем в автоморфных.

$^{137}\text{Cs}$  мигрирует вглубь почвы как вследствие перемещения частиц, в состав которых входит, так и за счет конвективного и диффузионного переноса растворенных и коллоидных форм в почвенном растворе. Движение частиц обусловлено просыпанием по порам, трещинам или полостям в почве (лессиваж) и ее перемешиванием, связанным с жизнедеятельностью животных и растений (биотурбацией) (Булгакова и др., 1990; Тарасевич, 1994). В верхнем слое почвы преобладающим механизмом миграции  $^{137}\text{Cs}$  является движение содержащих его частиц. Перенос растворенных и коллоидных форм радиоцезия вносит заметный вклад в его миграцию только в нижних слоях почвы (Булгакова и др., 1990; Ахтырцев и др., 1999).

В иллювиальном горизонте почв легкого механического состава отмечается второй максимум распределения  $^{137}\text{Cs}$  - в слое 30-40 см его содержание может составлять 10 – 15% от его общего количества в почве (Белова и др., 1972).

В сельскохозяйственно используемых дерново-подзолистых песчаных почвах на вертикальную миграцию радиоцезия оказывают вносимые удобрения и мелиоранты. Длительное применение на этих почвах сернокислого калия привело к усилению миграции  $^{137}\text{Cs}$  до глубины 30-35 см, в то время как известкование уменьшило эту миграцию, и радиоцезий не обнаруживался ниже пахотного слоя почвы (Харкевич, 2001).

Необходимость изучения вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  в почве луга определяется двумя факторами: во-первых, распределение радионуклида в почвенном профиле и удаление из корнеобитаемой зоны определяет размеры его накопления в травостое, во-вторых, влияет на величину экспозиционной дозы и, следовательно, на дозу внешнего облучения человека.

В год закладки опыта (1994) через 8 лет после выпадения  $^{137}\text{Cs}$  проник на глубину до 40 см. Основная масса цезия была сосредоточена в дернине (56,9% в слое 0 – 5 см, 27,2% в слое 5 – 10 см и 10,9% в слое 10 – 15 см), хотя под влиянием избыточного увлажнения из верхнего (0 – 5 см) слоя мигрировало 43,1% от общего содержания радионуклида. Обработка почвы тяжелыми дисками способствовала более равномерному распределению  $^{137}\text{Cs}$  в слое 0 – 10 см, несколько увеличила его содержание в слое 10 -15 см (на 2,3%).

Двухъярусная вспашка переместила основное количество  $^{137}\text{Cs}$  в слой 10 – 15 см (36,5%) и 15 – 20 см (27%), понизив его содержание в слое 0 – 5 см до 12,9%, в слое 5 – 10 см – до 19%.

Через 21 год после выпадения (2007 год) радионуклид обнаруживался на глубине до 60 см. Максимальное содержание радионуклида отмечено в верхнем 5-сантиметровом слое почвы (естественный травостой и обработка дисками).  $^{137}\text{Cs}$  достаточно интенсивно мигрирует в более глубокие слои, даже на глубине 20 – 25 см находится около 4 – 5% от общего суммарного запаса (0,4 – 0,8% в 1994 году).

Отмечено экспоненциальное снижение содержания радионуклида с глубиной.

На контрольном варианте естественного травостоя основное количество  $^{137}\text{Cs}$  находится в слое 0 – 5 см и составляет 38,5% от суммарного его количе-

ства в изучаемом профиле (56,9% в 1994 году). 34,1% сосредоточено в слое 5 – 10 см и 17,3% - в слое 10 – 15 см. Таким образом, в зоне расположения корней сосредоточено до 90% всего количества радионуклида.

Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению интенсивности миграции  $^{137}\text{Cs}$  и повышало его содержание в слое 20 – 25 см и 25 – 30 см (до 3 – 6 раз) по сравнению с контрольным вариантом.

На фоне обработки дисками снизилось содержание  $^{137}\text{Cs}$  в слое 0 – 5 см и 5 – 10 см, но возросло в слое 10 – 15 см (до 2-х раз) и 15 – 20 см (от 5 до 13 раз) и 20 – 25 см. Уменьшение содержания радионуклида с глубиной более равномерно, нежели в 1994 году.

На фоне 2-х ярусной вспашки произошло некоторое увеличение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в верхнем пятисантиметровом слое, снизилось в слое 5 – 10 см и резко понизилось в слое 10 – 15 см ( до 3,5 раз).

Таким образом, в слое 0 -15 см радионуклид распределен более равномерно, чем в 1994 году. Значительно возросло содержание  $^{137}\text{Cs}$  в слое 20 – 25 см и 25 - 30 см (в 4 – 10 раз).

Перераспределение радионуклидов по профилю почвы оказывает заметное влияние на величину гамма-фона участка.

Миграция  $^{137}\text{Cs}$  по профилю почвы в луговом агрофитоценозе. Естественный травостой

| Горизонт,<br>см | Содержание $^{137}\text{Cs}$ |                    |          |                    |   |                    |   |                    |  |                    |   |                    |
|-----------------|------------------------------|--------------------|----------|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|--|--------------------|---|--------------------|
|                 | 1994 год                     |                    | 2007 год |                    |   |                    |   |                    |  |                    |   |                    |
|                 |                              |                    | контроль |                    | $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ |                    | $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$ |                    | $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{180}$ |                    | $\text{N}_{180}\text{P}_{90}\text{K}_{360}$ |                    |
|                 | %                            | кБк/м <sup>2</sup> | %        | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> | %  | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> |
| 0 – 5           | 56,9                         | 773,3              | 38,5     | 308,9              | 35,0  | 293,2              | 36,6  | 320,0              | 38,3   | 327,5              | 39,8  | 328,7              |
| 5 – 10          | 27,2                         | 373,3              | 34,1     | 273,1              | 34,5  | 288,3              | 32,9  | 287,7              | 34,4   | 293,9              | 27,0  | 221,1              |
| 10 – 15         | 10,9                         | 148,0              | 17,3     | 143,3              | 14,8  | 128,2              | 14,2  | 128,9              | 12,0   | 106,6              | 12,3  | 104,1              |
| 15 – 20         | 3,3                          | 44,4               | 7,6      | 63,5               | 8,6   | 74,6               | 7,6   | 69,3               | 7,0  | 62,4               | 7,7   | 65,7               |
| 20 – 25         | 0,8                          | 11,1               | 1,8      | 15,7               | 4,5   | 40,0               | 4,7   | 44,2               | 4,0  | 37,0               | 5,9   | 51,8               |
| 25 – 30         | 0,3                          | 3,7                | 0,3      | 2,7                | 1,7   | 15,2               | 2,8   | 26,7               | 2,2  | 19,5               | 4,3   | 37,9               |
| 30 – 35         | 0,2                          | 3,0                | 0,15     | 1,44               | 0,6   | 5,84               | 0,6   | 5,7                | 1,0  | 8,6                | 1,2   | 11,6               |
| 35 – 40         | 0,1                          | 1,9                | 0,12     | 1,04               | 0,1   | 0,96               | 0,2   | 1,9                | 0,6  | 6,1                | 0,9   | 8,7                |
| 40 – 45         | -                            | -                  | 0,04     | 0,32               | 0,07  | 0,64               | 0,2   | 1,9                | 0,2  | 2,0                | 0,5   | 4,3                |
| 45 – 50         | -                            | -                  | 0,03     | 0,16               | 0,07  | 0,64               | 0,1   | 1,04               | 0,2  | 1,9                | 0,2   | 2,1                |
| 50 – 55         | -                            | -                  | 0,03     | 0,16               | 0,04  | 0,32               | 0,05  | 0,48               | 0,06   | 0,6                | 0,11  | 1,04               |
| 55 – 60         | -                            | -                  | 0,03     | 0,16               | 0,02  | 0,16               | 0,02  | 0,24               | 0,04   | 0,32               | 0,05  | 0,48               |

Таблица 31

Миграция  $^{137}\text{Cs}$  по профилю почвы в луговом агрофитоценозе. Обработка дисками

| Горизонт,<br>см | Содержание $^{137}\text{Cs}$ |                    |          |                    |   |                    |   |                    |  |                    |   |                    |
|-----------------|------------------------------|--------------------|----------|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|--|--------------------|---|--------------------|
|                 | 1994 год                     |                    | 2007 год |                    |   |                    |   |                    |  |                    |   |                    |
|                 |                              |                    | контроль |                    | $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ |                    | $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$ |                    | $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{180}$ |                    | $\text{N}_{180}\text{P}_{90}\text{K}_{360}$ |                    |
|                 | %                            | кБк/м <sup>2</sup> | %        | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> | %  | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> |
| 0 – 5           | 44,1                         | 584,2              | 32,0     | 238,8              | 33,1  | 234,4              | 32,8  | 261,2              | 33,7   | 264,2              | 34,0  | 232,4              |
| 5 – 10          | 39,0                         | 516,9              | 28,3     | 211,3              | 31,9  | 226,1              | 31,0  | 247,4              | 30,1   | 235,9              | 33,3  | 227,3              |
| 10 – 15         | 13,2                         | 175,0              | 27,7     | 214,0              | 19,2  | 141,2              | 22,7  | 186,2              | 25,1   | 204,4              | 13,5  | 95,3               |
| 15 – 20         | 2,6                          | 34,8               | 8,6      | 139,1              | 8,9   | 65,2               | 8,2   | 67,8               | 8,9  | 72,5               | 10,7  | 76,0               |
| 20 – 25         | 0,4                          | 5,2                | 2,0      | 15,7               | 5,2   | 39,9               | 2,2   | 18,7               | 1,8  | 15,4               | 4,9   | 36,1               |
| 25 – 30         | 0,4                          | 4,8                | 1,0      | 8,3                | 1,0   | 6,8                | 1,7   | 14,9               | 0,18   | 1,5                | 2,0   | 14,8               |
| 30 – 35         | 0,2                          | 2,2                | 0,1      | 0,88               | 0,3   | 2,8                | 0,6   | 5,5                | 0,09   | 0,75               | 0,8   | 6,2                |
| 35 – 40         | 0,1                          | 1,5                | 0,09     | 0,72               | 0,2   | 1,4                | 0,4   | 3,7                | 0,04   | 0,32               | 0,25  | 1,9                |
| 40 – 45         | -                            | -                  | 0,07     | 0,48               | 0,08  | 0,58               | 0,21  | 1,9                | 0,03   | 0,24               | 0,15  | 1,2                |
| 45 – 50         | -                            | -                  | 0,07     | 0,48               | 0,07  | 0,48               | 0,14  | 1,3                | 0,02   | 0,16               | 0,15  | 1,2                |
| 50 – 55         | -                            | -                  | 0,03     | 0,24               | 0,03  | 0,25               | 0,03  | 0,32               | 0,02   | 0,16               | 0,10  | 0,8                |
| 55 – 60         | -                            | -                  | 0,03     | 0,24               | 0,02  | 0,16               | 0,02  | 0,24               | 0,02   | 0,16               | 0,02  | 0,16               |

Таблица 32

Миграция  $^{137}\text{Cs}$  по профилю почвы в луговом агрофитоценозе. Двухъярусная вспашка

| Горизонт,<br>см | Содержание $^{137}\text{Cs}$ |                    |          |                    |   |                    |   |                    |  |                    |   |                    |
|-----------------|------------------------------|--------------------|----------|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|--|--------------------|---|--------------------|
|                 | 1994 год                     |                    | 2007 год |                    |   |                    |   |                    |  |                    |   |                    |
|                 |                              |                    | контроль |                    | $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ |                    | $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$ |                    | $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{180}$ |                    | $\text{N}_{180}\text{P}_{90}\text{K}_{360}$ |                    |
|                 | %                            | кБк/м <sup>2</sup> | %        | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> | %  | кБк/м <sup>2</sup> | %   | кБк/м <sup>2</sup> |
| 0 – 5           | 12,9                         | 178,3              | 16,9     | 111,4              | 13,3  | 81,5               | 12,6  | 77,7               | 18,1   | 127,6              | 14,8  | 90,2               |
| 5 – 10          | 19,0                         | 264,2              | 10,2     | 67,1               | 6,9   | 42,4               | 12,4  | 76,8               | 14,1   | 99,1               | 15,1  | 92,2               |
| 10 – 15         | 36,5                         | 506,5              | 10,2     | 69,6               | 11,8  | 75,0               | 14,7  | 94,0               | 11,2   | 81,5               | 11,6  | 73,2               |
| 15 – 20         | 27,0                         | 374,4              | 24,4     | 166,4              | 17,6  | 112,2              | 20,6  | 131,9              | 25,2   | 183,9              | 27,1  | 171,7              |
| 20 – 25         | 3,2                          | 44,0               | 27,4     | 193,4              | 29,6  | 194,6              | 25,3  | 167,2              | 23,7   | 179,2              | 27,3  | 178,3              |
| 25 – 30         | 0,8                          | 10,7               | 8,8      | 62,4               | 12,7  | 83,4               | 13,8  | 91,4               | 5,9  | 44,4               | 3,5   | 22,6               |
| 30 – 35         | 0,3                          | 4,8                | 1,9      | 14,4               | 5,0   | 35,5               | 0,3   | 2,0                | 1,6  | 12,6               | 0,3   | 2,4                |
| 35 – 40         | 0,3                          | 4,1                | 0,08     | 0,7                | 2,9   | 20,6               | 0,1   | 0,8                | 0,1  | 0,8                | 0,1   | 0,9                |
| 40 – 45         | -                            | -                  | 0,04     | 0,4                | 0,1   | 0,64               | 0,09  | 0,64               | 0,07   | 0,64               | 0,07  | 0,5                |
| 45 – 50         | -                            | -                  | 0,03     | 0,3                | 0,04  | 0,24               | 0,04  | 0,32               | 0,01   | 0,16               | 0,07  | 0,5                |
| 50 – 55         | -                            | -                  | 0,03     | 0,3                | 0,03  | 0,16               | 0,04  | 0,32               | 0,01   | 0,16               | 0,04  | 0,2                |
| 55 – 60         | -                            | -                  | 0,02     | 0,16               | 0,03  | 0,16               | 0,03  | 0,24               | 0,01   | 0,16               | 0,02  | 0,16               |

## ГЛАВА 6. СПОСОБЫ РЕАБИЛИТАЦИИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

В условиях радиоактивного загрязнения территории организация кормовой базы для сельскохозяйственных животных является наиболее важным звеном в производстве «чистой» продукции животноводства, так как позволяет ограничить переход радионуклидов уже на начальных этапах миграционной цепочки почва – растение (корм) – сельскохозяйственные животные – продукция животноводства – человек. Основными мероприятиями в кормопроизводстве, обеспечивающими получение продукции с загрязнением ниже уровней вмешательства, являются коренное улучшение лугов и пастбищ и поверхностное улучшение кормовых угодий.

В отличие от пахотных земель, где первоначально поступившие на поверхность почвы радиоактивные вещества распределяются при агротехнической обработке в пределах обрабатываемого горизонта, на естественных кормовых угодьях выпавшие радионуклиды аккумулируются дерниной и медленно перемещаются в нижележащие почвенные слои. Поэтому в почве естественных сенокосов и пастбищ радионуклиды дольше остаются в доступной для растений форме и при одинаковой плотности загрязнения накапливаются в лугопастбищной растительности в большем количестве (2 – 5 раз), чем в продукции культурных лугов. Таким образом, естественные сенокосы и пастбища следует рассматривать как критические в радиологическом отношении угодья, особенно нуждающиеся в проведении мелиоративных работ (Козьмин и др., 1999).

Разработка приемов ведения сельскохозяйственного производства на угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, основывается на знании закономерностей миграции радионуклидов. Поведение радионуклидов в агроэкосистемах зависит от двух групп факторов: в первую объединяют естественные биогеохимические процессы, определяющие поведение радионуклидов в почве и их переход в растения, а во вторую – факторы, связанные с проведением агротехнических и агрохимических мероприятий, которые оказывают модифицирующее действие на миграцию радионуклидов (Фесенко, Санжарова, 1993).

Интенсивность включения радионуклидов в трофические и пищевые цепи во многом определяется поведением их в системе почва – растение. В почве как сложной многофазной системе большое число параметров, таких как кислотность, содержание органического вещества, минералогический состав и другие, будет оказывать влияние на состояние радионуклидов и определять динамику их биологической доступности.

В Брянской и Калужской областях около 70% почвенного покрова загрязненных сельскохозяйственных угодий представлено дерново-подзолистыми и дерновыми почвами. На загрязненных территориях представлены также пойменные почвы, торфяные и дерново-карбонатные. Свойства почв в значительной степени определяют вариабельность содержания доступных форм  $^{137}\text{Cs}$  и, как следствие, различия в биологической доступности радионуклида.

Результаты исследований говорят о высоких размерах накопления радионуклидов (особенно  $^{137}\text{Cs}$ ) травостоем кормовых угодий. Так, для выросших на дерново-подзолистых супесчаных почвах многолетних злаковых трав величина коэффициентов пропорциональности ( $K_p = \text{Бк/кг} : \text{кБк/м}^2$ ) составляет 0,50 -3,0 (Смеян и др., 1989; Подоляк и др., 2003).

Для рационального использования кормовых угодий в условиях радиоактивного загрязнения необходимо постоянно иметь актуальный прогноз содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормах (зеленая масса, сено) с учетом плотности загрязнения и основных агрохимических свойств почв. Увеличение их продуктивности способствует получению дешевых кормов, соответствующих требованиям СанПиН по содержанию радионуклидов. Из всех физико-химических характеристик, оказывающих влияние на подвижности и доступность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , выделено около 10 основных параметров почв, которые по возрастающей значимости можно расположить в следующий ряд: влажность, соотношение нахождения форм радионуклидов, гранулометрический состав, минералогический состав, содержание органического вещества, содержание обменных К, Са, Mg, емкость катионного обмена, рН. Определение влияния отдельных почвенно-климатических факторов и агрохимических свойств почвы на поступление ра-

дионуклидов в луговые растения является сложной задачей, поскольку большинство тесно связаны между собой, и изменение одного из них приводит к изменению всего комплекса показателей в целом (Корнеев, Фирсакова, 1993; Бондарь, 1983; Егорова, 1987; Бондарь, Юдинцева, 1984; Gerzhabek M.H., Mohamad S.A., Muck K., 1992; Bell J., Bates T.H., 1998). В работах (Бондарь, 1983; Коноплев, Коноплева, 1999) приведены данные, свидетельствующие о наличии более тесной корреляционной зависимости между коэффициентами перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и другими агрохимическими показателями луговых почв (гидролитической кислотностью, содержанием обменного кальция и магния, содержанием гумуса, степенью насыщенности основаниями и др.). При этом в нормативных документах, действующих на территории России, Украины и Белоруссии, в условиях производства на загрязненных территориях для прогноза содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственных культурах и кормах на всех типах почв используются только два агрохимических показателя: содержание подвижного калия (для прогноза  $^{137}\text{Cs}$ ) и величина обменной кислотности  $\text{pH}_{\text{КС1}}$  (для прогноза  $^{90}\text{Sr}$ ) (Рекомендации Беларусь, 2003; Рекомендации Россия, 1997).

Минимальные величины коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостоях низинных лугов наблюдали при достижении оптимальных значений агрохимических свойств почв и высокого уровня почвенного плодородия за счет применения агрохимических и агротехнических приемов их улучшения (Подольяк и др., 2004).

Знание особенностей поведения радионуклидов в почве и перехода их в сельскохозяйственную продукцию позволяет применять защитные мероприятия с учетом особенностей каждого конкретного поля. Система применения контрмер должна быть комплексной и разрабатываться на основе радиологического, агрохимического и почвенного обследований с учетом качественного культур технического состояния земель.

Получение сельскохозяйственной продукции, отвечающей требованиям СанПин 2.3.2.1078-01, возможно только при высокой культуре земледелия. Она включает в себя интенсивную технологию возделывания культур:

использование высокоурожайных сортов с минимальным накоплением радионуклидов, лучших предшественников, рационального сбалансированного применения макро и микроудобрений, средств защиты растений, высококачественную обработку почвы (Юдинцева, 1989; Пиргунов, 2001; Тулина, 2002). Получение продукции, соответствующей ВДУ, возможно при высококачественной вспашке, проведении организационных, агротехнических, агрохимических и технологических мероприятий (Плющиков, 1996; Маркина, 1996; Агеец, 1999; Шаповалов и др., 2004; Шаповалов, 2006).

### ***6.1. Радиационная обстановка в Брянской области***

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглись обширные территории Украины, Белоруссии и России. Загрязнение этих территорий обусловлено осаждением мелкодисперсных газоаэрозолей, в составе которых первоначально доминировали изотопы йода, а затем цезия. Загрязнение этих регионов на 80-90% определялось конденсационной компонентой, и лишь 10-12% активности было связано с «горячими» частицами (Щеглов, 2000). Радиоактивность, создаваемая осколочными продуктами деления урана-235, спустя примерно год-полтора обуславливается в первую очередь долгоживущими радионуклидами цезия-137 и стронция-90 (Санжарова, 1997). На территориях, загрязненных Чернобыльскими выбросами, после распада короткоживущих радионуклидов основным дозообразующим радиоизотопом считают  $^{137}\text{Cs}$  (Санжарова, 1997; Щеглов, 2000; Маркина, 2006). В результате аварии в окружающую среду было выброшено около 2 МКи  $^{137}\text{Cs}$ , что повысило глобальные запасы этого радионуклида на 8% (Израэль и др., 1987).

Особенно сильному радиоактивному загрязнению подвергся юго-запад Брянской области: Новозыбковский, Клинцовский, Красногорский, Злынковский, Гордеевский, Климовский, Стародубский районы. Плотность загрязнения почв области в доаварийный период составляла 0,01-0,06 Ки/км<sup>2</sup>. После Чернобыльской катастрофы плотность загрязнения почв по районам увеличивалась от

10 до 400 и более раз. В наиболее загрязненном Новозыбковском районе содержание радиоцезия в почвенном покрове после аварии увеличивалось в 700-1000 раз (Прудников, Новиков, 2005).

Радионуклидный состав выброса аварийного блока ЧАЭС был очень сложный. В нем преобладали короткоживущие радионуклиды. В результате их относительной восприимчивости или устойчивости агроценозов или их отдельных компонентов к загрязнению. Оценка экологического воздействия радиоактивного загрязнения на агроэкосистемы представляет собой сложную задачу (Аверин, 2004).

Брянская область имеет 4 зоны загрязнения, установленные законом РФ «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС»: 1) зона отчуждения; 2) зона отселения; 3) зона проживания с правом на отселение; 4) зона проживания с льготным социально-экономическим статусом. Из зоны отчуждения, в соответствии с нормами радиационной безопасности в 1986 году и в последующие годы население было эвакуировано. В зону отчуждения было отнесено 17 населенных пунктов области.

Зона отселения характеризуется плотностью загрязнения цезием-137 выше 15 Ки/км<sup>2</sup> или стронцием-90 выше 3 Ки/км<sup>2</sup>.

Зона проживания с правом на отселение характеризуется плотностью загрязнения цезием-137 от 5 до 15 Ки/км<sup>2</sup>. Зона проживания с льготным социально-экономическим статусом характеризуется плотностью загрязнения почв цезием-137 от 1 до 5 15 Ки/км<sup>2</sup>.

Долгоживущий изотоп стронций-90 на территории области выпал в незначительном количестве и на большинстве территории концентрация его не превышает допустимых уровней.

После Чернобыльской катастрофы прошло более 20 лет, но радиационное состояние почвенного покрова наиболее загрязненных районов Брянской области все еще сложное и нестабильное. Из обследованных 467,8 тыс. га сельхозугодий юго-западной зоны области свыше 374 тыс. га, или 80% загрязнены <sup>137</sup>Cs. Процессы освобождения и очищения почв от радиоактивных веществ

идут крайне медленно, что обусловлено долгоживущими радионуклидами. За 20-летний период в разряд «чистых» почв (плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  менее 1 Ки/км<sup>2</sup>) перешло только 13%, или чуть более 50 тыс. га сельхозугодий, а в ряде районов (Новозыбковский, Гордеевский и Красногорский) степень загрязнения почв настолько высокая, что даже время ничего не может изменить в этом процессе. Доля перехода составила 1 – 3% (Маркина и др., 2006).

По данным центра «Брянскагрохимрадиология» 422,2 тыс. га сельскохозяйственных угодий относится к разряду загрязненных (свыше 37 кБк/м<sup>2</sup>), в том числе 271,7 тыс. га составляет пашня и 150,7 тыс. га естественные кормовые угодья. Почв, нуждающихся в проведении защитных реабилитационных мероприятий (плотность загрязнения выше 185 кБк/м<sup>2</sup>) – 144,8 тыс. га (8,6% от всех сельскохозяйственных угодий области. Из них 77,1 тыс. га пашни и 66,7 тыс. га естественных кормовых угодий (15,1% от всех естественных кормовых угодий области).

Практически все угодья свыше 185 кБк/м<sup>2</sup> находятся в юго-западных районах области, которые с 1986 года значатся как наиболее пострадавшие в результате аварии на ЧАЭС.

Анализ результатов радиологического обследования показывает, что очищение почв (переход из разряда загрязненных (свыше 37 кБк/м<sup>2</sup>) в «чистые» (до 37 кБк/м<sup>2</sup>) составило всего 212,4 тыс. га (15%), в том числе по юго-западным районам 79,9 тыс. га (17,4%).

Изменение средневзвешенного показателя плотности загрязнения почв говорит о том, что радиационная ситуация в целом стабилизировалась, то есть наблюдается снижение уровня радиоактивного загрязнения в основном за счет естественного распада и в небольшой мере за счет вертикальной и горизонтальной миграции.

Таблица 33

Динамика плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почв сельскохозяйственных угодий  
Брянской области (1986 – 2010 гг.)

| Угодья                              | Годы<br>обследо-<br>вания | Обсле-<br>до-<br>ванная<br>пло-<br>щадь,<br>тыс.га<br>% | В т.ч. по группам загрязнения, $\frac{\text{кБк/м}^2}{\text{Ки/км}^2}$ |                     |                             |                          |                         | Средневзвеш.<br>плотность<br>загрязнения,<br>$\frac{\text{кБк/м}^2}{\text{Ки/км}^2}$ |
|-------------------------------------|---------------------------|---|--|---------------------|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|--|
|                                     |                           |   | <u>до37</u><br>до1   | <u>37-85</u><br>1-5 | <u>185-<br/>555</u><br>5-15 | <u>555-1480</u><br>15-40 | <u>св.1480</u><br>св.40 |  |
| Всего<br>с.-х.<br>угодий            | 1986-<br>1988             | 1756,7<br>100   | 1054,0<br>60,0   | 401,5<br>22,8       | 186,6<br>10,6               | 97,6<br>5,6              | 17,0<br>1,0             | 132,1<br>3,57  |
|                                     | на 01.01.<br>2011 г       | 1688,8<br>100   | 1266,4<br>75,0   | 277,6<br>16,4       | 112,3<br>6,6                | 27,9<br>1,7              | 4,6<br>0,3              | 69,2<br>1,87   |
| в т.ч.<br>пашни                     | 1986-<br>1988             | 1267,4<br>100   | 787,3<br>62,1  | 286,8<br>22,6       | 131,0<br>10,3               | 55,1<br>4,4              | 7,2<br>0,6              | 111,4<br>3,01  |
|                                     | на 01.01.<br>2011 г       | 1240,3<br>100   | 968,6<br>78,0  | 194,6<br>15,7       | 66,4<br>5,4                 | 8,7<br>0,7               | 2,0<br>0,2              | 53,6<br>1,45   |
| Сенокосы+<br>пастбища               | 1986-<br>1988             | 489,3<br>100  | 266,7<br>54,5  | 114,7<br>23,4       | 55,6<br>11,4                | 42,5<br>8,7              | 9,8<br>2,0              | 185,7<br>5,02  |
|                                     | на 01.01.<br>2011 г       | 448,5<br>100  | 297,8<br>66,4  | 83,0<br>18,5        | 45,9<br>10,2                | 19,2<br>4,3              | 2,6<br>0,6              | 112,1<br>3,03  |
| В том числе по юго-западным районам |                           |   |  |                     |                             |                          |                         |  |
| Всего<br>с.-х.<br>угодий            | 1986-<br>1988             | 523,4<br>100  | 39,1<br>7,5  | 186,9<br>35,8       | 183,0<br>34,9               | 97,4<br>18,6             | 17,0<br>3,2             | 388,5<br>10,5  |
|                                     | на 01.01.<br>2011 г       | 477,9<br>100  | 119,0<br>24,9  | 215,4<br>45,1       | 111,0<br>23,2               | 27,9<br>5,8              | 4,6<br>1,0              | 192,0<br>5,19  |
| в т.ч.<br>пашни                     | 1986-<br>1988             | 359,7<br>100  | 26,4<br>7,3  | 140,7<br>39,2       | 130,3<br>36,2               | 55,0<br>15,3             | 7,3<br>2,0              | 325,6<br>8,8   |
|                                     | на 01.01.<br>2011 г       | 344,8<br>100  | 101,0<br>29,3  | 167,1<br>48,5       | 66,0<br>19,1                | 8,7<br>2,5               | 2,0<br>0,6              | 143,2<br>3,87  |
| Сенокосы+<br>пастбища               | 1986-<br>1988             | 163,7<br>100  | 12,7<br>7,8  | 46,2<br>28,2        | 52,7<br>32,2                | 42,4<br>25,9             | 9,7<br>5,9              | 525,4<br>14,2  |
|                                     | на 01.01.<br>2011 г       | 133,1<br>100  | 18,0<br>13,5   | 48,3<br>36,3        | 45,0<br>33,8                | 19,2<br>14,4             | 2,6<br>2,0              | 318,9<br>8,62  |

В настоящее время средневзвешенный показатель плотности загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  по области составляет на сельскохозяйственных угодьях в целом 69,2  $\text{кБк/м}^2$  (1,87  $\text{Ки/км}^2$ ), в том числе на пашне – 53,6  $\text{кБк/м}^2$  (1,45  $\text{Ки/км}^2$ ), естественных кормовых угодьях 112,1  $\text{кБк/м}^2$  (3,03  $\text{Ки/км}^2$ ). Снижение к уровню 1986 – 1987 гг. составило на сельскохозяйственных угодьях 1,91 раза, в том числе на пашне – 2,08 и сенокосно-пастбищных угодьях – 1,66 раза.

В юго-западных районах снижение составило на сельскохозяйственных угодьях в целом 2,02 раза, в том числе на пашне – 2,27 и сенокосно-пастбищных угодьях – 1,65 раза.

По сравнению с доаварийным периодом (1985 год) превышение уровня радиационной загрязненности сельскохозяйственных угодий по области составляет 47 раз, по юго-западным районам – 120 раз.

Таким образом, минимизация радиационной опасности для человека остается актуальной для сегодняшнего дня, а достичь ее можно путем проведения защитных мероприятий, основными из которых являются научно обоснованные технологии, включающие в себя известкование, фосфоритование, калиевание, проведение культуртехнических работ и в конечном итоге доведение уровня плодородия до антирадиационных барьеров.

Сельскохозяйственные угодья, почвы которых имеют уровень загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  свыше  $5 \text{ Ки/км}^2$  требуют проведения реабилитационных агрохимических мероприятий (Маркина и др., 2006).

Естественный травостой удерживает 30-45% выпавшего количества гамма-излучающих нуклидов и около 30% цезия-137. Несколько ниже эти значения для многолетних сеяных трав – 20-40 и 7-15% соответственно (Подольяк и др., 2006). На пашне сразу после выпадения более 97% радиоактивных веществ было сосредоточено в верхнем двухсантиметровом слое почвы. В течение времени после аварии произошло частичное перераспределение радиоцезия. Повсеместная перепашка почв на пашне привела к более равномерному перераспределению цезия-137 в пахотном горизонте. В естественных экосистемах 80-90% радиоактивных веществ находится в слое почв 0-10 см (Воробьев и др., 1994, 2002; Плющиков и др., 2004). По содержанию радиоактивных веществ в сельскохозяйственной продукции и, соответственно, по степени радиационной опасности внутреннего облучения, загрязненная аварийными выбросами ЧАЭС территория, была разделена на три зоны, которые отличались уровнями содержания цезия-137 и стронция-90 в почве: менее  $15 \text{ Ки/км}^2$  цезия-137 и менее  $3 \text{ Ки/км}^2$  стронция-90; от 15 до  $40 \text{ Ки/км}^2$  цезия-137 и от 3 до  $10 \text{ Ки/км}^2$  стронция-90; выше  $40 \text{ Ки/км}^2$  цезия-137 и выше  $10 \text{ Ки/км}^2$  стронция-90. Научной основой для такой дифференциации послужили имеющиеся экспериментальные данные по переходу указанных радионуклидов из почвы в сельскохозяйственную про-

дукцию, подтвержденные в ходе ликвидации радиационной аварии 1957 года на Южном Урале (Алексахин и др., 1992).

Исследования, проведенные в Чернобыльской области на глобальных уровнях радиоактивного загрязнения, то есть после аварии на ЧАЭС, показали, что в дерново-подзолистых песчаных почвах около 40%  $^{137}\text{Cs}$  находилось в верхнем четырехсантиметровом слое почвы. Остальные 60% довольно равномерно были распределены глубже по профилю. Это свидетельствует о сравнительно интенсивной миграции  $^{137}\text{Cs}$  в вертикальном направлении (Белова и др., 2004).

До аварии на ЧАЭС уровень загрязнения почв цезием-137 и стронцием-90 в среднем соответственно составлял в Брянской области 0,04 и 0,06, в Тульской - 0,04 и 0,09, в Орловской - 0,04 и 0,04 в Калужской - 0,03 и 0,05 Ки/км<sup>2</sup> (Проблемы сельскохозяйственной..., 1991; Воробьев, Маркина, 2002).

Стронций-90 имеет период полураспада 28,1 года и является бета-излучателем с максимальной энергией 0,544 МэВ. Его относят к числу самых биологически подвижных. Закрепление и распределение этого радионуклида в почве в основном определяется закономерностями поведения изотопного носителя - стабильного стронция, а также химического аналога - стабильного кальция (Алексахин и др., 1992).

Таким образом, одним из важнейших факторов деградации экологических систем юго-запада Нечерноземной зоны, включая Брянскую область, является их загрязнение радионуклидами, поступление которых из почв в растениеводческую продукцию в значительной степени определяется комплексом факторов включающих типы почв, гранулометрический состав, климат, вид растений, уровень плодородия, погодно-климатические условия и т.д. В связи с этим проблемы производства экологически чистой продукции растениеводства в зонах экологического риска становится весьма актуальной, требует поиска путей ее решения.

## ***6.2. Поведение $^{137}\text{Cs}$ в системе «почва – растение»***

Почва является основным депо радионуклидов в окружающей среде. При поступлении радионуклидов в почву происходит их динамическое взаимодействие с элементами почвенно-поглощающего комплекса, что приводит к закреплению их в почвах.

Переход радионуклидов из почвы в растения зависит от физико-химических свойств почвы, климатических условий, технологий возделывания и биологических особенностей растений (Юдинцева, 1989; Ivanov et al, 1997).

По обобщенным литературным данным (Rafferty et al, 1994) размеры перехода из почвы в растения двух наиболее важных в радиологическом отношении радионуклидов цезия -137 и стронция-90 определяются в значительной степени характером взаимодействия их с почвой. Так, стронций-90 в основном закрепляется в почвах по типу ионного обмена, а цезий-137 – по типу необменного поглощения и прочной фиксации твердой фазой почвы (Воробьев и др., 1994; Подоляк и др., 2004).

Лабораторными исследованиями неоднократно подтверждено (He., Walling, 1996) свойство радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  быстро и необратимо сорбироваться из раствора почвенными частицами, преимущественно глинистой и алевритовой фракциями. Непосредственно после выпадения и поглощения почвенными частицами изотоп перемещается только вместе с ними.

Накопление  $^{137}\text{Cs}$  растениями в значительной степени зависит от гранулометрического состава почв (Бондарь и др., 1992). Наибольшая концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в растениях отмечена на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, малоплодородных, бедных элементами питания, где доступность его для корневого усвоения растениями значительно выше, чем на высокоплодородных почвах с тяжелым механическим составом (Рачинский, 1990; Агеец, 2001; Rafferty et al, 1994).

Минеральная часть почвы составляет от 55 до 97% от общей ее массы. В почве присутствуют первичные минералы, представленные главным образом скелетными и крупнопесчаными частицами, и вторичные минералы, которые преоб-

ладают в глинистых и коллоидных фракциях. Вторичные минералы отличаются высокой поглотительной способностью (Бакунов, 1967; Vidal et al, 1994).

Минералы монтмориллонитовой группы характерны для степных и пустынно-степных областей, они преобладают в черноземах, каштановых почвах и солонцах, что обуславливает прочную сорбцию радионуклидов и значительное снижение их перехода в растения.

Влияние карбонатности почв на доступность радионуклидов растениям связано с изменением кислотности и соотношения различных фракций органических веществ и состава обменных катионов, в частности, содержания обменного Ca (Шутов и др., 1993). Увеличение карбонатности почв снижает накопление  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственных культурах в 1,1 – 3 раза, а для  $^{137}\text{Cs}$  в этих же условиях поступление его в растения увеличивается в 1,3 – 4 раза. Более высокая подвижность  $^{137}\text{Cs}$  в карбонатных почвах может быть связана с увеличением количества водорастворимых органических соединений, которые обуславливают десорбцию этого радионуклида (Рерих и др., 1989).

Анализ результатов экспериментальных работ показывает, что к числу основных факторов, определяющих поведение  $^{137}\text{Cs}$  в почве луговых экосистем, относятся характеристики дернины, свойства почвы и особенности выпадений (Санжарова и др., 1994; Фесенко и др., 1995; Sanzarova et al., 1994). Для корректного описания динамики биологической доступности этого радионуклида в почвах луговых экосистем необходимо учитывать следующие основные процессы:

- поступление выпадений в форме топливных частиц и легкорастворимых аэрозолей на поверхность растительности и дернины;
- деструкцию почвенных частиц в дернине и почве с переходом  $^{137}\text{Cs}$  в состояние, доступное для корневого поглощения;
- разложение дернины и поступление  $^{137}\text{Cs}$  в корнеобитаемую зону почвы;
- перераспределение  $^{137}\text{Cs}$  между различными компонентами дернины и минеральных горизонтов почвы;
- поступление радионуклидов из дернины и корнеобитаемого слоя почвы в растения;

- выщелачивание радионуклидов из корней обитаемого слоя почвы (Фесенко и др., 1997).

При взаимодействии ионов радионуклидов с почвами соблюдаются все основные закономерности обмена, а наблюдаемые различия носят количественный характер. Однако именно эти различия играют решающую роль в поведении радионуклидов в почвах и включении их в биологические цепи в природных условиях (Проблемы сельскохозяйственной ... 1991).

Стронций-90 достаточно полно (98%) десорбируется из почвы растворами нейтральных солей, что указывает на обменный характер сорбции. Цезий-137 десорбируется менее полно, что обусловлено более сложной природой связи его с почвой (Гулякин и др., 1977).

При увеличении в почве концентрации анионов  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  сорбция стронция-90 возрастает в первую очередь за счет соосаждения с труднорастворимыми соединениями Ca, Mg, Fe. Глинистыми минералами почв может быть сорбировано до 99% стронция-90 (Петряков, 1990). На поведение этого радионуклида в почве оказывают значительное влияние количество и качество органического вещества почвы. "Предпочтительнее" стронций-90 связывается с фульвокислотами и гумином. Стронций-90 присутствует в почвах в основном не в виде "индивидуальных соединений" с органическими веществами, а в форме сложных комплексов, в состав которых входят также Ca, Fe, Al. В зависимости от того, в каком состоянии они находятся в почве, возрастает или уменьшается доля стронция-90 в подвижной форме (Алексахин и др., 1992).

Стронций-90 относится к числу самых биологически подвижных по степени радиационной опасности, (период полураспада)  $T_{1/2} = 28,1$  года, излучатель с максимальной энергией 0,544 МэВ. Закрепление и распределение  $^{90}\text{Sr}$  в компонентах почв в основном распределяется закономерностями поведения изотопного носителя стронция, а также химического аналога - стабильного Ca, содержание которого в земной коре составляет 2,96%. Степень окисления Sr в любых природных средах +2. Свойства почвы по убывающей значимости независимого влияния на коэффициент распределения ( $K_p$ )  $^{90}\text{Sr}$  располагаются в

ряд: влажность > содержание обменных Ca и Mg > емкость обмена > содержание органического вещества > pH (Сергеев, 2009). Основным механизмом поглощения  $^{90}\text{Sr}$  твердой фазой почв - ионный обмен.

Наиболее продолжительные периоды полураспада почв от  $^{137}\text{Cs}$  получены для суходольных лугов (55-143 года), а для болотных лугов значительно короче (15-21 год). Этот показатель имеет четкую зависимость от гранулометрического состава почв и увеличивается в ряду: песчаные и супесчаные почвы > легкие и средние суглинки > тяжелые суглинки. Количественные параметры миграции  $^{90}\text{Sr}$ , по сравнению с  $^{137}\text{Cs}$ , были выше для всех типов лугов. Коэффициенты квазидиффузии для «быстрой» компоненты на суходольных лугах варьируют от 0,08 до 0,65 см в год, а на болотных - от 0,49 до 0,69 см в год. Процесс очищения корнеобитаемого слоя, оцененный на основании периодов полураспада, протекает для  $^{90}\text{Sr}$ , в среднем, в 2 раза быстрее, чем для  $^{137}\text{Cs}$ . Периоды полураспада корнеобитаемого слоя для  $^{90}\text{Sr}$  варьируют от 30 до 96 лет суходольных лугов и от 13 до 18 лет - для низинных.

Цезий-137 относится к числу биологически подвижных в сельскохозяйственных цепочках.  $^{137}\text{Cs}$  - один из самых дозообразующих радионуклидов. По степени радиационной опасности относится к среднетоксичным среди продуктов деления (A Report, 1994). Изотопы цезия при любом поступлении в организм хорошо ресорбируются, всасывание в ЖКТ животных и человека составляет 100%. Период полураспада равен  $T^{1/2} = 30,17$  года,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -излучатель с максимальной энергией  $\alpha$ -излучения 1,76 МэВ. Большая подвижность  $^{137}\text{Cs}$  определяется тем, что это радиоизотопы щелочного элемента, химического аналога биогенно важного элемента K, который является в природных системах химическим носителем  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ . Степень окисления в любых компонентах природной среды +1. Радиоцезий способен наряду с ионообменным связыванием к необменной сорбции (фиксации) твердой фазой почв. Причина фиксации - взаимодействие ионов  $\text{Cs}^+$  с кристаллической решеткой некоторых глинистых минералов. Основной фракцией, ответственной за сорбцию  $^{137}\text{Cs}$  в почве, является ил. На почвах всех типов больше кислоторастворимого (необменного) строн-

ция. Содержание различных форм  $^{137}\text{Cs}$  в серой лесной среднесуглинистой почве составляет (в %): обменная - 9,3; необменная - 5,8; фиксированная - 84,9 (Санжарова, 1997).

Рядом исследований установлено, что в начальный период после выпадения значительного количества  $^{137}\text{Cs}$  поступает в луговую растительность из дернины (Корнеев, Малышева, 1973; Фирсакова, Гребенщикова, 1980; Sanzarova et al., 1994).

$^{137}\text{Cs}$ , выпавший на дернину в водорастворимой форме, постепенно переходит в фиксированную форму, недоступную для усвоения растительностью, вследствие протекания процесса сорбции этого радионуклида. Одновременно в результате выщелачивания  $^{137}\text{Cs}$  из топливных частиц, находящихся в дернине, происходит его непрерывная трансформация в водорастворимое состояние. В результате разложения дернины часть  $^{137}\text{Cs}$  поступает в почвенный раствор корнеобитаемой зоны и становится доступной для поглощения корневыми системами растений. В то же время вследствие разложения дернины и механического проникновения топливные частицы поступают из дернины в нижележащие слои почвы (Фесенко и др., 1997).

Различия в свойствах почв определяют значительную вариабельность в содержании доступных форм  $^{137}\text{Cs}$  и, как следствие, поступление радионуклида в растения. Так, определение содержания различных форм радионуклидов для основных типов (подтипов) почв, характерных для областей, наиболее пострадавших после аварии на ЧАЭС, показало, что для почв Брянской и Калужской областей (дерново-подзолистых, дерново-карбонатных и дерновых легкого гранулометрического состава) характерна достаточно высокая доля доступных форм  $^{137}\text{Cs}$  (сумма обменной и подвижной) – от 14,7 до 23,3%. Содержание обменной формы  $^{137}\text{Cs}$  варьирует от 9,3 до 13,7%, а подвижной – от 4,4 до 9,6% (Санжарова и др., 1997).

В Белоруссии установлено (Богдевич, 2004), что плотность радиоактивного загрязнения после аварии на ЧАЭС увеличилась по цезию-137 от 0,07-0,16 до 114 Ки/км<sup>2</sup>, а по стронцию-90 от 0,03-0,08 до 2,5 Ки/км<sup>2</sup>. До аварии соотно-

шение в почвах  $^{90}\text{Sr} : ^{137}\text{Cs}$ , было 1:1,7 - 1:2,0; после аварии оно составило 1:2,5 – 1:160. Максимальное накопление радионуклидов в растениях наблюдали на торфяно-болотной почве, а минимальное - на дерново-подзолистой. Коэффициенты накопления в растениях по  $^{137}\text{Cs}$ , полученных до аварии на ЧАЭС близки к тем, которые получены после аварии для  $^{90}\text{Sr}$ , эти коэффициенты после выпадения чернобыльских выбросов в 2-3 раза ниже, чем до аварии. Культуры по степени уменьшения количества радионуклидов в хозяйственно ценной части урожая расположились в такой последовательности: озимая рожь, ячмень, овес, картофель, сахарная свекла, тимофеевка, сено естественных трав, клевер.

Проведенными исследованиями показано, что в 0-30-сантиметровом слое почв сопряженных ландшафтов происходит увеличение общего содержания радиоцезия вниз по рельефу. Это, вероятно, является следствием его перемещения с потоками почвенной влаги. В болотных низинных перегнойно-торфяных почвах транссупераквального ландшафта их количество возрастает по сравнению с дерново-подзолистыми почвами элювиального ландшафта в 2,8- 4,8 раза. В естественных почвах полесья этот процесс происходит активнее, чем в агрогенных аналогах (Просьянников, 1997). В естественных минеральных почвах полесья валовое содержание радиоцезия плавно снижается вниз по профилю до глубины 15-20 см. В почвах агроэкосистем оно распределено по всему пахотному горизонту и весьма неравномерно. Здесь образованы слои, в которых радионуклидов в несколько раз больше, чем в соседних слоях. При переходе к горизонту В содержание радиоцезия возрастает, но остается намного ниже, чем в верхней части почвенного профиля.

В органогенных почвах естественных низинных болотных экосистем значительное количество радиоцезия проникает на более значительную глубину - 70-90 см, хотя через 6 лет после аварии на ЧАЭС основное количество цезия-137 (89%) все же находилось в верхнем 5-сантиметровом слое. Естественная почва верхового болота, подвергшаяся такому же радиоактивному загрязнению, отличается самым высоким валовым содержанием основных радионуклидов и активным проникновением их вниз по профилю (Подоляк и др., 2004).

Среди всех генетических горизонтов естественных серых лесных почв ополья самая высокая концентрация радиоцезия в подстилке и горизонте  $A_1$ . В пахотном горизонте почвы западин содержится радиоцезия в 6-7 раз больше, чем серых лесных почвах соседних грив. Аналогичное явление происходит с  $^{40}\text{K}$ , но менее выражено. Вызвано это тем, что в почвах микрокатен ополья, длительно испытывающих агрогенное воздействие, происходят процессы поверхностной эрозии почвы и сталкивания ее почвообрабатывающими орудиями с грив в сопредельные западины, приводящие к горизонтальному перераспределению радионуклидов. В пахотном горизонте серых лесных почв агроэкосистем, так же как в агрогенных дерново-подзолистых почвах сопредельных задровых равнин, содержится значительно меньше радиоцезия, чем в аналогичном по мощности верхнем слое почв естественных экосистем (Просянкин, 1997).

Исследованиями Моисеева И. Т. и др. (1986) отмечено, что за счет протекания естественных биохимических процессов наблюдается 46% уменьшение содержания цезия-137 в растениеводческой продукции, вклад радиоактивного распада - 5%, а доля мероприятий, направленных на снижение поступления его в конечную продукцию, составляет 49% (Моисеев, Тихомиров и др., 1988). Эффективность мер, направленных на уменьшение концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в продукции растениеводства в первые годы после аварии выше, чем в последующие (Просянкин 1997; Фесенко, Алексахин, Санжарова, Лисянский, 1998; Белоус, Драганская, 2002).

Установлено, что практически все радионуклиды находятся в верхнем корнеобитаемом слое почвы и будут доступны растениям в обозримо длительной перспективе на сельскохозяйственных угодьях вследствие малой скорости миграции вглубь по профилю почвы. Доступность растениям чернобыльского  $^{137}\text{Cs}$  из почвы обусловлена одновременным протеканием равнонаправленных процессов. В результате деструкции топливных частиц увеличивается количество этого радионуклида в доступной для растений форме. В то же время вследствие закрепления  $^{137}\text{Cs}$  органической и минеральной фракциями почвы его подвижность уменьша-

ется. На территории проводимых нами исследований трансформация топливных частиц была в основном завершена к 1995 году (Санжарова, 1997).

Поведение радионуклидов в системе почва – растение в природных луговых экосистемах определяется протекающими в почве естественными биогеохимическими процессами. Сорбция  $^{137}\text{Cs}$  в почвах с течением времени приводит к снижению поступления радионуклидов в растения.

Поведение радионуклида зависит от типа луга, режима его увлажнения и почвенных характеристик. Одним из ведущих факторов, определяющих накопление  $^{137}\text{Cs}$  в растениях, является гранулометрический состав почв.

Отличительной особенностью зоны загрязнения в Брянской и Калужской областях является преобладание почв легкого гранулометрического состава, для которых характерны достаточно высокие коэффициенты перехода радионуклидов в сельскохозяйственные растения.

Так, по данным Н.И. Санжаровой и др. (1997), для одного и того же типа почв в зависимости от гранулометрического состава накопление радионуклида изменяется от 1,5 до 7 раз. Максимальные значения коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  в растения определены для торфяно-болотных и дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава – песчаных и супесчаных. Коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в травостой естественных лугов с 1987 г. по 1994 г. снизились в среднем в 2 – 3 раза. Оценка темпов уменьшения поступления  $^{137}\text{Cs}$  в естественный травостой лугов с течением времени после аварии показала, что первый период полуснижения его содержания в травостое составляет от 2,0 до 2,2 года, второй, более медленный, варьирует от 4 до 12 лет. Варьирование периодов полуснижения зависит от типа луга и свойств почвы.

Сведения о роли почвенной влаги в миграции радионуклидов в системе «почва – растение» довольно противоречивы. Отмечено как увеличение перехода радионуклидов в растения с ростом содержания влаги в почве, так и отсутствие влияния влажности. При разных режимах увлажнения может практически не изменяться коэффициент накопления радионуклидов растениями, но может возрасти общий вынос радионуклидов за счет увеличения биомассы

растений (Моисеев и др., 1974; Куликов и др., 1975; Евдокимова и др., 1997). Неоднозначность имеющихся данных о роли влажности связана с тем, что различные радионуклиды поглощаются растениями из почвы в зависимости от режима ее увлажнения по-разному. Кроме того, влияние влажности почв на подвижность радионуклидов зависит от свойств почв и биологических особенностей растений. Оптимизация параметров почвенного плодородия, характерных для каждого типа почв, обеспечивает с одной стороны – получение стабильных урожаев (Чебан, 1987; Чернова, 1997), с другой – максимальное снижение поступления радионуклидов в продукцию растениеводства за счет биологического разбавления.

Модифицирующее влияние на поведение радионуклидов в агроэкосистемах оказывает технология возделывания культур. Размеры накопления радионуклидов в сельскохозяйственных культурах варьируют для различных почвенно-климатических зон, что связано в первую очередь с влиянием свойств почв.

### ***6.3. Агрохимические мероприятия***

Гарантированное получение сельскохозяйственной продукции в условиях радиоактивного загрязнения, соответствующей действующим нормативам, и снижение негативного влияния радиации обеспечивается проведением комплекса агрохимических мероприятий, основным из которых является высокая культура земледелия, высокое плодородие почв и повышение на этой основе урожайности сельскохозяйственных культур (Ефимкин, 1983; Sanzharova et al, 1996; Сычев, 2003).

Но, естественные кормовые угодья, как правило, расположены на почвах с низким почвенным плодородием, что также обуславливает их неблагоприятные физические свойства (Агрохимическая характеристика почв СССР, 1972; Санжарова, 1978; Анненков, 1994; Сычев и др., 2004). Прежде всего, высокая кислотность этих почв снижает эффективность применяемых минеральных и органических удобрений. Известкование на этих почвах

улучшает их агрохимические и физические свойства и в целом повышает их плодородие (Рерих и др., 1989; Регуляции ионного транспорта через мембраны растительных клеток, 1991; Рыбина, 1991; Henze, 1982).

Так, внесение извести в дозе, эквивалентной гидролитической кислотности, снижает содержание  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в растениеводческой продукции в 1,5-2 раза. Причем, с увеличением дозы извести происходит дальнейшее уменьшение накопления  $^{90}\text{Sr}$  и в несколько меньшей степени  $^{137}\text{Cs}$  (Мамонтова, 1977).

При известковании кислых почв учитывается плотность загрязнения радионуклидами:

- первый уровень загрязнения по цезию-137 – 1-5 Ки/км<sup>2</sup>;
- второй уровень загрязнения по цезию-137 – 5-15 и более Ки/км<sup>2</sup>.

При первом уровне загрязнения известкование кислых почв проводится в соответствии с "Инструкцией по известкованию кислых почв в хозяйствах".

При втором уровне загрязнения почв радионуклидами известкование проводится дозами известковых удобрений, обеспечивающими доведение реакции почвенной среды до оптимального значения (Данилов и др., 1996; Драганская и др., 1996; Санжарова и др., 2000).

Большое значение в повышении плодородия почв, следовательно, и в снижении накопления радионуклидов в растениях, имеют органические удобрения (Белова др., 2004). Это подтверждается данными научных исследований о том, что внесение органических удобрений в дозе 60 т/га на дерново-подзолистых почвах при перезалужении угодий многолетних злаковых трав ограничивало переход радиоцезия из почвы в растения в среднем за четыре года на 18,5%, а радиостронция на 17,7% (Самусик, 1999). Эффективность органических удобрений возрастает при известковании и носит долговременный характер (Козьмина, 1994).

Применение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры является одним из эффективных способов снижения накопления радионуклидов в продукции растениеводства (Кузнецов, 1984; Моисеев, 1990; Прищеп, 1995; Соколов, 1995; Курганов, 1998; Белоус, 2000). Это происходит

за счет: увеличения урожая и, тем самым, "разбавления" содержания радионуклидов на единицу массы урожая, повышения количества калия и кальция в почвенном поглощающем комплексе, закрепления макроколичеств  $^{90}\text{Sr}$  путем соосаждения с фосфатами при внесении фосфорных удобрений (Томин и др., 1993; Нове, 1993).

Длительное систематическое внесение высоких доз фосфорных удобрений обуславливает создание запасов фосфора, что способствует меньшему поступлению стронция-90 из этих почв в растения (Технологическая инструкция по мероприятиям по снижению содерж..., 1992). Наибольшее влияние на урожайность луговых трав оказывают азотные удобрения (Дегодюк, 1990; Кулаков и др., 1997), особенно в условиях высокой влагообеспеченности почвы (Справочник луговода, 1992; Макаров, 1994; Кулаков и др., 1997).

В то же время следует отметить, что при внесении физиологически кислых минеральных удобрений, к которым относится аммиачная селитра, на слабокислых или кислых известкованных почвах повышается кислотность почвенного раствора, что может увеличить накопление радионуклидов в растениях (Алексахин и др., 1990; Алексахин и др., 1994). На таких почвах рекомендуется сначала провести известкование и лишь после этого вносить удобрения (Моисеев и др., 1986; Бондарь, 1994; Воробьев и др., 2002; Санжарова и др., 2004).

Внесение возрастающих доз одних калийных удобрений и в сочетании с другими удобрениями резко снижает переход радионуклидов из почвы в растения (Юдинцева и др., 1982; Тепляков и др., 1984; Кузнецов и др., 2004; Курганов и др., 2004).

Так как почвы пойменных лугов бедны доступным фосфором и калием, внесение фосфорно-калийных удобрений значительно увеличивает их продуктивность (Громов, 1987; Дворецкий, 1996; Сычев, 2002; Сычев и др., 2003), а это ведет к получению экологически чистой продукции как за счет биологического разбавления, так и за счет антагонизма ионов (Юдинцева, 1981).

Существенное значение имеет правильное, сбалансированное соотношение питательных веществ в удобрении, которое должно

соответствовать потребностям растений (Тулин и др., 1994; Чернова, 1997).

На загрязненных радионуклидами почвах минеральные удобрения рекомендуется применять в других соотношениях, а именно так, чтобы калий и фосфор преобладали над азотом. Азотные удобрения следует вносить строго в дозах на заданный урожай, так как они способствуют большему накоплению цезия-137 в растениях (Подоляк, 2006).

Фосфорные и калийные удобрения рекомендуется вносить в дозах, превышающих потребности растений в этих элементах питания. При таком соотношении питательных элементов минеральные удобрения будут являться эффективным фактором, снижающим переход радионуклидов из почвы в растения. Достоверно известно, что поступление цезия-137 в растения в значительной мере определяется содержанием калия в почве и в самих растениях (Тепляков и др., 1984).

Таким образом, на размеры перехода  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в растения большое влияние оказывают фосфорные удобрения, а на величину перехода цезия-137 калийные (Дричко и др., 1990; Воробьев и др., 2002).

Применение отдельно известковых, органических и минеральных удобрений может снизить содержание радионуклидов в 1,5-3 раза, а совместное их внесение на фоне известкования – в 3-5 раз (Воробьев и др., 1994; Воробьев и др., 2002).

Обобщая анализ способов и средств снижения накопления радионуклидов в растениеводческой продукции, можно заключить: из агрохимических мероприятий необходимо рекомендовать известкование кислых и слабокислых почв, применение органических и минеральных удобрений, особенно повышенных доз калийных. Внесение известковых материалов способствует снижению кислотности почвенного раствора, повышению насыщенности почв основаниями, что сильно влияет на подвижность радионуклидов в почве и, тем самым, на доступность их растениям.

Получение чистой растениеводческой продукции позволяет существенно снизить поступление радионуклидов в организм животных и продукцию животноводства, следовательно, уменьшить дозовую нагрузку на организм человека.

#### ***6.4. Агротехнические мероприятия***

Как правило, естественные сенокосы и пастбища (их дернина) являются большим накопителем радионуклидов, что, в конечном счете, приводит к получению загрязненного молока и мяса.

В большинстве районов области преобладающими типами лугов и пастбищ являются суходольные, низинные и пойменные с различными типами и разновидностями почв (Воробьев и др., 1994; Подоляк, 2002).

На пойменных лугах, при маломощных гумусовых горизонтах и в случаях, когда вспашка плугом с заделкой верхнего слоя противопоказана из-за развития эрозионных процессов, рекомендуется проводить поверхностное улучшение кормовых угодий, предусматривающее разрушение дернины, внесение удобрений и мелиорантов, подсев многолетних трав. При коренном улучшении дернина удаляется с поверхности и перемещается на определенную глубину в почву, что способствует снижению мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, уменьшению концентрации радионуклидов в обрабатываемом горизонте, получению чистых кормов и, соответственно, животноводческой продукции с меньшим содержанием радионуклидов (Руководство..., 1997; Маркина, 1999; Белоус, 2000).

Для поверхностного и коренного улучшения лугов используются в основном традиционные агромелиоративные технологии. Особенностью их применения в условиях радиоактивного загрязнения земель является внесение повышенных доз известковых материалов, калийных и фосфорных удобрений. Комплекс мероприятий, обеспечивающих снижение перехода радионуклидов в луговой травостой, включает агротехническую обработку дернины и почвы, агрохимические мероприятия (Внесение удобрений и мелиорантов) и подбор видов трав, характеризующихся меньшим накоплением радионуклидов.

В настоящее время максимальное количество выпавших радиоактивных веществ на нетронутых суходольных лугах сосредоточено в поверхностном дерновом слое 0-10 см (Воробьев и др., 1994; Подоляк, 2007). На затопляемых поймах они заглублены до 10-20 см. Это приводит, наряду с корневыми поступлениями радионуклидов в растения, к значительному

поверхностному радиоактивному загрязнению травостоя и обуславливает получение радиоактивно грязной животноводческой продукции, в первую очередь молока (Воробьев и др., 1994).

Загрязненное молоко может быть получено при использовании на корм скоту продукции естественных кормовых угодий при плотности загрязнения почв цезием-137 уже свыше  $2 \text{ Ки/км}^2$  (Алексахин и др., 1990; Сизенко, 1996).

Из агротехнических способов снижения содержания радионуклидов в растениеводческой продукции наиболее эффективна такая система обработки почвы, которая обеспечивает механическое перемещение радионуклидов из верхнего слоя почвы в нижележащие горизонты, куда проникают лишь единичные корни растений (Томин и др., 1993; Панов и др., 2005; Белоус и др., 2006).

Например, глубокая заделка загрязненного пахотного слоя почвы на глубину 60-70 см плантажным плугом и одновременное окультуривание вывернутого на поверхность глубинного горизонта почвы могут в 5-8 раз снизить содержание радионуклидов в продукции. Коренное улучшение лугов и пастбищ позволяет снизить уровень загрязнения травостоя от 2,1 до 12 раз. Эффективность коренного улучшения зависит от многих факторов, в том числе от качества проводимых работ и марки применяемых плугов. Исследования показывают, что двухъярусные плуги снижают величину гамма-фона в 2-2,5 раза, болотные – в 1,8-2,0 раза, обычные - в 1,1-1,5 раза (Воробьев и др., 1994; Плющиков, 1996).

Способность сельскохозяйственных растений в пределах как отдельных семейств, так и родов, видов, сортов (Бондарь и др., 1994; Санжарова, 1998; Wilkins et al., 1993; Willdrot, 1993) накапливать радионуклиды в разных концентрациях, может быть использовано при организации растениеводства с целью получения продукции с минимальным содержанием радиоактивных веществ (Моисеев и др., 1986; Алексахин и др., 1990; Максимов, 1991).

Кормовые растения также значительно различаются по накоплению  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Так, концентрация  $^{90}\text{Sr}$  в сене бобовых может быть в 2-10 раз выше,

чем в сене злаковых (Корнеев и др., 1986).

Условия питания луговых растений, различия в характере распределения и мощности корневых систем и другие их биологические особенности определяют межвидовые различия в аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  при корневом их поступлении, которые могут достигать 10-30 и более раз.

На территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения ( $^{137}\text{Cs} > 15 \text{ Ки/км}^2$  (555кБк/м<sup>2</sup>);  $^{90}\text{Sr} > 0,50 \text{ Ки/км}^2$  (18кБк/м<sup>2</sup>) при создании культурных лугов многоукосного использования, можно формировать чисто злаковые травостои, которые в условиях радиоактивного загрязнения и применения умеренных доз по продуктивности и долговлетию значительно превосходят бобово-злаковые.

Правильный подбор многолетних трав при составлении травосмесей – основа формирования продуктивного травостоя (Подоляк и др., 2005; Подоляк, 2007).

На лугах, где  $^{90}\text{Sr}$  сосредоточен в верхнем (0-30 см) слое, максимальная концентрация радионуклида отмечается в бобовых травах (чина, клевер), а из разнотравья - в лютике едком. Злаковые травы накапливают  $^{90}\text{Sr}$  в несколько раз меньше, чем другие виды луговой растительности, однако и среди злаковых трав наблюдаются существенные различия в его содержании (Гончаров, 1993).

Для пойменных сенокосов с длительностью затопления 10 – 15 дней наиболее подходят травы: овсяница луговая, кострец безостый, ежа сборная, люцерна желтая. Для лугов с периодом затопления 20 и более дней травосмесь должна состоять из лисохвоста лугового, тимофеевки луговой, двухкосточника тростникового, костреца безостого, мятлика болотного, клевера розового (Андреев, 1984; Дворецкий, 1996).

Плотнокустовые злаки, такие как овсяница овечья и мятлик полевой, аккумулируют  $^{90}\text{Sr}$  в 1,5-3 раза больше, чем корневищные злаки - пырей ползучий и кострец безостый (Гулякин, 1973; Подоляк и др., 2005).

При загрязнении сельскохозяйственных угодий  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  следует учесть, что при подборе культур для севооборотов нужно принимать во внимание не только разницу в накоплении растениями абсолютных количеств этих

радионуклидов, но и относительную их концентрацию соответственно к Ca и K, как основным химическим макроаналогам  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , то есть оценивать содержание в растениях стронциевых и цезиевых единиц (Гулякин, 1973).

Такой принцип выбора растений для возделывания определяется тем, что переход  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в трофических цепях от растений к сельскохозяйственным животным и далее к человеку определяется не только абсолютной концентрацией радионуклидов, но и количеством стронциевых и цезиевых единиц в растениях. Так, рекомендации о предпочтительном посеве злаковых растений на загрязненных  $^{90}\text{Sr}$  почвах относительно бобовых, известных повышенным накоплением этого радионуклида, не всегда обоснованы: опасность от  $^{90}\text{Sr}$  определяется не только его абсолютным количеством, но и отношением  $^{90}\text{Sr}$  к Ca, а по этому показателю злаковые и бобовые могут быть равноценными.

Подбор травосмесей производится с учетом районированных злаковых трав, обеспечивающих получение их наивысших урожаев (Убугунов и др., 1994). На угодьях с плотностью загрязнения до  $15 \text{ Ки/км}^2$  после коренного улучшения в состав травосмесей допускается включение до 20% бобовых трав. В структуре пастбищных угодий 20% посевов может занимать ежа сборная в чистом виде (Подоляк и др., 2005).

Для пойменных сенокосов с длительностью затопления 10-15 дней наиболее подходят травы: овсяница луговая, кострец безостый, ежа сборная, люцерна желтая. Для лугов с периодом затопления 20 и более дней травосмесь должна состоять из лисохвоста лугового, тимофеевки луговой, двухкосточника тростникового, костреца безостого, мятлика болотного, клевера розового (Андреев, 1984; Дворецкий, 1996).

Затопление до 30 дней хорошо выдерживают тимофеевка луговая, мятлик луговой, двухкосточник тростниковый, лисохвост луговой, лядвенец рогатый, норма высева смеси семян 22-26 кг при 100% всхожести, если всхожесть ниже, следует делать поправку (Практическое руководство..., 1987; Справочник луговода, 1991; Игловилов, 1993).

К технологическим приемам следует отнести такие, которые уменьшают механическое загрязнение получаемой продукции почвой во время уборки. Это достигается или изменением технологий возделывания и уборки, или заменой отдельных машин в технологической цепочке.

Так, при заготовке зеленых кормов с помощью косилки-измельчителя КИР-1,5 в одном килограмме корма содержалось  $(6,5-6,8) \cdot 10^{-8}$  Ки/кг, а при заготовке кормов косилкой Е-281, КСК-100, Полесье, Простор радиоактивность зеленой массы понижалась до  $(3,2-3,5) \cdot 10^{-8}$  Ки/кг. Эта разница увеличивалась, если верхний слой почвы был сухим. Косилка КИР-1,5 при работе создает ток воздуха, который засасывает частички верхнего слоя почвы, чем дополнительно загрязняет заготавливаемые корма.

#### ***6.5. Технологии реабилитации пойменных кормовых угодий, загрязненных радионуклидами***

Отработка технологий получения нормативно чистых кормов в условиях радиоактивного загрязнения естественных кормовых угодий проводили в течении 15 лет на заливных лугах с плотностью загрязнения почвы 33-40 Ки/км<sup>2</sup> в пойме реки Ипать.

Многолетними исследованиями установлено, что получение экологически чистых и биологически полноценных кормов в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды обеспечивает комплексное проведение агротехнических и агрохимических мероприятий.

Проведение только агротехнических мероприятий с заменой естественного травостоя сеяным злаковым приводит к незначительному снижению содержания <sup>137</sup>Cs в земной массе многолетних трав. Содержание <sup>137</sup>Cs в зеленой массе многолетних трав при проведении агротехнических приемов превышает норматив (100 Бк/кг) в 5,7 - 10,5 раза.

Проведение культуртехнических мероприятий снижает содержание <sup>137</sup>Cs в сене многолетних трав в 1,3 - 1,8 раза.

Наибольшая эффективность при получении экологически чистых кормов

достигается при применении комплекса агротехнических и агрохимических мероприятий. Внесение полного минерального удобрения на фоне агротехнических приемов (обработка почвы) позволяет получать высокие (до 550 ц/га) урожаи зеленой массы и сена (до 126 ц/га) соответствующие по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  нормативу (В.П.13.5. 13/06-01).

### ***6.5.1. Получение нормативно чистых кормов на естественных кормовых угодьях, загрязненных радионуклидами без проведения культуртехнических мероприятий***

Проведение культуртехнических мероприятий требует больших объемов дорогостоящих работ с применением различных сельскохозяйственных машин и агрегатов, что требует определенных финансовых затрат которые в сложившихся экономических условиях многие сельхозпредприятия не имеют возможности их реализовать.

Продуктивность естественных кормовых угодий, на которых необходимо проводить культуртехнические работы, не превышает 25-30 ц/га сена в сумме за 2 укоса. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе многолетних трав с таких угодий по данным многолетних исследований более 1350 Бк/кг, в сене более 4000 Бк/кг, что превышает норматив в 10-13 раз и требует применения дорогостоящих ферроцианидов.

С естественных кормовых угодий при ежегодном внесении полного минерального удобрения в дозе  $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{270}$  можно получать за один укос не менее 250 ц/га зеленой массы многолетних трав с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  52-33 Бк/кг при нормативе 100 Бк/кг, сена на уровне 85-88 ц/га с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  144-182 Бк/кг при нормативе 400 Бк/кг. В первые 2-3 года, как правило, содержание  $^{137}\text{Cs}$  несколько превышает норматив, в последующие при регулярном внесении вышеуказанной дозы минерального удобрения по мере увеличения содержания запасов калия в почве, содержание радиоцезия в корме не превышает норматив.

Азотно-калийные удобрения при пастбищном использовании травостоя необходимо вносить под каждое стравливание (не менее трех стравливаний) из расчета  $\text{N}_{60}\text{K}_{90}$ , а всю расчетную дозу фосфора (120 кг/га  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) – весной в один прием.

При укосном использовании естественных кормовых угодий минеральные удобрения вносят в два приема после схода талых и полых вод и начала активной вегетации растений в дозах  $N_{90}P_{120}K_{90}$  и после скашивания под второй укос многолетних трав в дозах -  $N_{90}K_{90}$ . Эффективность минеральных удобрений существенно возрастает при проведении известкования доломитовой мукой по 1,5 гидролитической кислотности. Этот прием проводится в ранневесенний период с периодичностью в 5-6 лет.

Таблица 34

Технологическая схема получения нормативно чистых зеленых кормов с естественных пойменных кормовых угодий, загрязненных радионуклидами, без проведения культуртехнических работ

| Технологическая операция            | Условие, время проведения                                    | Количественные и качественные показатели  | Орудия и механизмы                           |
|-------------------------------------|--|---|--|
| 1                                   | 2  | 3   | 4  |
| Внесение минеральных удобрений      | После схода паводковых вод, в начале возобновления вегетации | При трехразовом стравливании вносятся дозы $N_{180}P_{120}K_{270}$ в три приема весной $N_{60}P_{120}K_{90}$ , после второго – $N_{60}K_{90}$   | МТЗ-82, РМГ-4, РУМ-5, МВУ-0,5                |
| Боронование                         | После внесения удобрений                                     | В два следа перпендикулярно предыдущему проходу   | МТЗ-82, бороны «зиг-заг»                     |
| Подкашивание растительных остатков  | После каждого стравливания                                   | Высота скашивания – 6-7 см. Если растительных остатков много, их используют на сено. Если в остатках много ядовитых растений, то их удаляют за пределы пастбища, используют для приготовления компостов | МТЗ-82, косилка ротационная КРН-2,1          |
| Разравнивание экскрементов животных | После второго и третьего стравливания                        | Бороны «зиг-заг» необходимо переворачивать, чтобы меньше повреждать клевер ползучий   | МТЗ-82, пастбищные бороны ПБШ-3,2, «зиг-заг» |

Уход за пастбищными угодьями сводится к подкашиванию растительных остатков многолетних трав после каждого стравливания и разравниванию экскрементов животных с помощью борон в конце пастбищного сезона.

Технологическая схема улучшения радиоактивно загрязненных естественных кормовых угодий на пойменных землях приведена в таблице 34.

### ***6.5.2. Технология поверхностного улучшения пойменных естественных кормовых угодий без повреждения дернины с помощью гербицида сплошного действия на основе глифосфата (раундап, ураган)***

Известно, что прирусловая часть поймы менее обогащена илистыми частицами, и следовательно обладает более низким уровнем плодородия по сравнению с центральной поймой. В водоохранной зоне поймы запрещено проведение всяких работ связанных с нарушением дернового слоя почвы (дискование, вспашка, фрезирование и т.д.), поскольку это связано с риском протекания процесса водной эрозии. Прирусловая пойма занимает значительные площади и является важным резервом заливных лугов для производства кормов.

Для повышения продуктивности травостоя многолетних трав прирусловой части пойменных лугов более приемлема технология поверхностного улучшения без нарушения дернины и стерневого посева высокопродуктивных многолетних злаковых трав. Данная технология предусматривает применение гербицида сплошного действия - раундап для уничтожения малоценного в кормовом отношении, низкопродуктивного травостоя. Раундап вносят весной при достижении высоты естественного травостоя 10-12 см в дозе 5 л/га. Через 12-14 дней вносят известковый материал тонкого помола в дозе 1,5 гидrolитической кислотности и проводят посев злаковой травосмеси стерневой сеялкой. Минеральные удобрения вносят из расчета  $N_{180}P_{120}K_{270}$ , что обеспечивает получение до 300-350 ц/га зеленой массы с содержанием  $^{137}Cs$  на уровне 53-57 Бк/кг. Эту часть поймы рекомендуется использовать как пастбище для выпаса животных. Поэтому минеральные удобрения лучше вносить дробно. Азотно-калийные удобрения следует вносить под каждое стравливание разделив расчетную дозу исходя из количества стравливаний, фосфорные – в один прием весной: Технологическая схема поверхностного улучшения без нарушения дернины приведена в таблице 35.

Таблица 35

Технологическая схема поверхностного улучшения радиоактивно загрязненных естественных кормовых угодий на пойменных землях (прирусловая пойма)

| Технологическая операция          | Условие, время проведения   | Количественные и качественные показатели   | Орудия и механизмы           |
|-----------------------------------|---|--|------------------------------|
| Срезка и своз кустарников и кочек | весной после схода паводковых вод   | срезание поросли на уровне поверхности почвы   | ПДО-2<br>ПВ-1,5              |
| Обработка гербицидом раундап      | после отрастания трав – 15 см   | 5 л/га, 400 л/га раствора после схода росы, в сухую погоду   | МТЗ-82.1<br>ОПШ-15           |
| Внесение известковых материалов   | после усыхания трав   | доза=Нг х 1,5 т/га   | МТЗ-82.1<br>РУМ-8            |
| Подсев трав                       | после внесения известковых материалов   | норма высева- 30 кг/га травосмеси, усилитель сжатия пружин для заглубления сошников в дернину на –1-2 см | СЗТ-3,6                      |
| Внесение минеральных удобрений    | в первый год после посева, в последующие – ½ НК под каждый укос или стравливание, фосфор вносится в один прием весной | на пастбищах дозы N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>270</sub>                                     | МТЗ-82.1<br>1 РМГ-4<br>РУМ-5 |

### **6.5.3. Технология поверхностного улучшения радиоактивно загрязненных лугов**

Поверхностное улучшение лугов – мероприятие связанное с гораздо меньшими материальными и трудовыми затратами, более экономически выгодное. Число и порядок проведения технологических операций зависит от типа луга, залесенности или закустаренности участка, агрохимических показателей почвы, плотности загрязнения радионуклидами. Технологическая схема предусматривает культуртехнические работы по удалению древесной и кустарниковой растительности, выравниванию поверхности почвы, внесение удобрений и мелиорантов, уничтожение сорного и малоценного в кормовом отношении травостоя, посев многолетних и высокопродуктивных трав.

На заливных лугах культуртехнические работы как правило проводятся весной после схода полых и талых вод. Они включают в себя удаление древесно-кустарниковой растительности, удаление камней, пней, уничтожение кочек, планировку поверхности. Проведение этих работ по необходимости.

После очистки и выравниванию поверхности почвы луг известкуют известковыми материалами в дозе по 1,5 гидролитической кислотности. При проведении поверхностного улучшения важнейшим элементом является разделка дернины с помощью тяжелой дисковой бороны и тщательного перемешивания верхнего слоя почвы что достигается работой агрегата в перекрестном направлении. Чем лучше измельчена дернина, тем выше эффективность проводимых мероприятий в целом по снижению поступления радиоцезия в урожай многолетних трав. Так, в среднем за 13 лет исследований по фону обработки дернины дисками без внесения удобрений в зеленой массе многолетних трав сеяного травостоя содержалось –  $^{137}\text{Cs}$  988 Бк/кг, после обработки естественного травостоя гербицидом раундап и посева злаковой травосмеси – 1046 Бк/кг, при содержании  $^{137}\text{Cs}$  на естественном травостое без всяких обработок – 1288 Бк/кг, то есть за счет обработки почвы дисковой бороной и посевом злаковой травосмеси содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе снизилось в 1,3 раза, по фону обработки дернины гербицидом раундап и посевом злаковой травосмеси содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе злакового травостоя также снизилось в 1,3 раза.

Обработка дернины дисковой бороной обеспечивает хорошую заделку и перемешивание внесенных известковых материалов и минеральных удобрений. Предпосевная обработка почвы включает выравнивание и прикатывание почвы агрегатом РВК-3,6. Посев проводят зернотравяной сеялкой СЗТ-3,6, после обработки дернины гербицидом раундап посев лучше проводить стерневой сеялкой. Глубина посева не должна превышать 2 см. После посева почву прикатывают кольчатыми катками в один-два следа. Работы проводятся в сжатые сроки.

Система удобрения при поверхностном улучшении лугов в условиях радиоактивного загрязнения должна обеспечивать получение экологически чистых и сбалансированных элементов питания кормов.

Таблица 36

Технологическая схема поверхностного улучшения радиоактивно загрязненных пойменных кормовых угодий

| Технологическая операция        | Условие, время проведения   | Количественные и качественные показатели  | Орудия и механизмы            |
|---------------------------------|---|---|-------------------------------|
| Срезка молодой поросли          | Весной после схода талых вод  | Срезание кустарника на уровне поверхности почвы   | ПДО-2<br>ПВ-1,5               |
| Внесение известковых материалов | После удаления кустарника   | Доза мелиоранта=Нг х 1,5 т/га   | МТЗ-82.1<br>РУМ-8             |
| Обработка почвы                 | После внесения извести  | Обработка дисками в два следа-фрезерование дернины  | МТЗ-1221<br>БДТ-3<br>ФБН-1,5  |
| Внесение удобрений              | После разрушения дернины, в последующие годы – на сенокосах ½ НК под каждый укос, на пастбищах – 1/3 НК под каждое стравливание, фосфор – весной, 1 раз | На пастбищах<br>N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>180</sub> на сенокосах<br>N <sub>180</sub> P <sub>120</sub> K <sub>360</sub> | МТЗ-82.1<br>1 РМГ-4           |
| Заделка удобрений               | После внесения удобрений  | Фрезерование в один след на глубину дернового слоя  | МТЗ-82.1<br>ФБН-1,5           |
| Прикатывание почвы              | Перед посевом   | В два следа   | РВК-3,6<br>ЗККШ-6             |
| Посев трав                      | После прикатывания  | 30 кг/га травосмеси на глубину 2 см   | МТЗ-82<br>СЗТ-3,6             |
| Послепосевное прикатывание      | Сразу после посева  | В один-два следа  | МТЗ-1221<br>РВК-3,6<br>ЗККШ-6 |

Многолетними исследованиями установлено, что для получения зеленой массы многолетних трав с содержанием <sup>137</sup>Cs менее 100 Бк/кг необходимо вносить полное минеральное удобрение в дозах N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>270</sub> или N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>360</sub>. При этом урожайность зеленой массы многолетних трав составляет порядка 490-500 ц/га в сумме за 2 укоса, а содержание <sup>137</sup>Cs в зеленой массе не превышает 57 Бк/кг (норматив 100 Б/кг). При сенокосном использовании поверхностно улучшенных естественных кормовых угодий дозы минеральных удобрений должны составлять N<sub>180</sub>P<sub>120</sub>K<sub>270</sub>, что обеспечивает урожайность сена многолетних трав в сумме за 2 укоса 120-125 ц/га с содержанием <sup>137</sup>Cs 376-380 Бк/кг при нормативе 400 Бк/кг.

Технологическая схема поверхностного улучшения лугов с применением гербицида сплошного действия и дискования дернины с последующим посевом злаковых травосмесей приведена в таблице 36.

#### **6.5.4. Технология коренного улучшения радиоактивно загрязненных пойменных лугов**

Исследованиями, проведенными в течение тринадцати лет, установлено, что наиболее устойчивое снижение содержания цезия в кормах, соответствующее нормативу (ВП 13.5.13/06-01), можно гарантированно получать при коренном улучшении лугов.

Такая технология позволяет получить за 2 укоса 530-550 ц/га зеленой массы трав с содержанием цезия-137 не более 100 Бк/кг, сена 120-130 ц/га.

Коренное улучшение естественных кормовых угодий связано с большим объемом культуртехнических работ и требует значительных материальных и финансовых затрат.

Технология коренного улучшения предусматривает следующие технологические приемы: корчевка пней и кустарника, удаление камней и кочек, прокладку траншей для захоронения кустарников, засыпку траншей грунтом, выравнивание поверхности, внесение известковых материалов, дискование или фрезерование дернины.

Эффективность обычной и двухъярусной вспашки при проведении коренного улучшения на загрязненных радионуклидами территориях практически одинакова. Преимущество ярусной вспашки проявляется в более существенном снижении гамма-фона участка. Так, проведение обычной вспашки понижает гамма-фон на 21,5% а двухъярусной - в среднем на 53%. После вспашки вносятся минеральные удобрения, почва дискуется или фрезеруется в два следа.

Посев травосмесей проводят зернотравяной сеялкой не позже середины июля месяца. После посева почвы прикатывают кольчато-шпоровыми катками в два следа.

Таблица 37

Технологическая схема коренного улучшения радиоактивно загрязненных естественных кормовых угодий на пойменных землях

| Технологическая операция                                    | Условия, время проведения  | Количественные и качественные показатели  | Орудия и механизмы   |
|---|--|---|--|
| 1   | 2  | 3   | 4  |
| Корчевание пней, кустарников                                | Осень  |   | Д-513А, МТЗ-82.1 ПЭ-08Б  |
| Прокладка траншей   |  |   | ЭО-3322А<br>МТЗ-100, ТКУ-09А   |
| Сгребание кустарников и укладывание их в траншею, трамбовка |  | Максимальное уплотнение кустарников   | Д-92А  |
| Засыпка траншеи   |  | Несколько выше уровня поверхности почвы с учетом осадки грунта  |  |
| Засыпка подкорневых ям, выравнивание поверхности            |  |   |  |
| Внесение извести (доломитовая мука)                         | Май, после схода паводковых вод, скорость ветра не более 5 м/с   | ½ дозы.<br>Доза=Нг х 1,5 т/га   | МТЗ-82.1<br>РУМ-8  |
| Обработка почвы: дискование + фрезерование + вспашка        | По мере созревания почвы   | Дискование в один слой на 10-12 см, фрезерование в два следа на 12-15 см, вспашка на глубину гумусового горизонта                                       | БДТ-3, БДТ-7А<br>ФБН-2, ФБК-2<br>ПЯ-3-35, НП-3-35<br>ПНЯ-4-35,<br>ПБН-75,<br>МТЗ-100 |
| Разделка пласта   | Дискование вдоль и поперек вспашки   | В два следа   | МТЗ-1221,<br>БДТ-3, БДН-3  |
| Выравнивание участка  | На неровных участках   | В двух направлениях   | МТЗ-82.1,<br>ВПН-5, П-2<br>П-4, ВП-8   |
| Внесение извести (доломитовой муки)                         | Под предпосевную обработку   | ½ нормы   | МТЗ-82.1, РУМ-8<br>АРУП-8  |
| Внесение минеральных удобрений                              | Под предпосевную обработку при проведении улучшения, в дальнейшем ½ НК под каждый укос (при использовании на сенокос) или ½ НК под каждое стравливание (на пастбищах), Р – в один прием весной | $N_{180}P_{120}K_{180}$<br>на пастбищах;<br>$N_{180}P_{120}K_{240}$<br>на сенокосах   | МТЗ-82.1,<br>1 РМГ-4<br>1 РМГ-4А<br>РУМ-5  |
| Заделка извести и минеральных удобрений                     | Дискование + боронование в два следа или фрезерование + боронование  | В два следа на глубину 12-15 см   | БДТ-3,0, БДН-3,0<br>ФБН-1,5, ФБК-2   |
| Прикатывание  | В сухую погоду с наливом воды в катки  | В один след   | МТЗ-82.1,<br>ЗКВГ-1,4<br>ЗКВБ-1,5  |
| Посев травосмеси, 30 кг/га                                  | Май, внесение $P_{10}$ в рядки   | Глубина заделки 2 см. Травосмесь: безостый – 8 кг, овсяница луговая – 7, тимофеевка луговая-5, канареечник тростниковидный -5, лисохвост луговой – 5 кг | МТЗ-82.1,<br>СЗТ-3,6<br>СЗТ-3,6А   |

При коренном улучшении лугов нормативно чистую зеленую массу можно получить при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{120}P_{90}K_{180}$ , а

нормативно чистое сено (не более 400 Бк/кг) получают при внесении  $N_{180}P_{90}K_{240}$ . при двухукосном использовании травостоя удобрения рекомендуется вносить в два приема. Весной после схода талых вод вносят  $\frac{1}{2}$  дозы азотных и калийных удобрений и всю расчетную дозу фосфорных, после первого укоса по  $\frac{1}{2}$  дозы азоты и калия.

При использовании травостоя на зеленый корм или при стравливании на корню удобрения вносятся соответственно в два или в три приема, при этом доза фосфорного удобрения вносится в один прием весной, азотно-калийные удобрения дробно, разными частями под каждое скашивание или стравливание.

Технологическая схема коренного улучшения радиоактивно загрязненных естественных угодий на пойменных землях приведена в таблице 37.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При улучшении естественных кормовых угодий агротехнические мероприятия позволяют повысить продуктивность сеяных злаковых травосмесей на 25 – 30% зеленой массы и 4- 30% сена по сравнению с естественным травостоем. Эффективность полного минерального удобрения возросла на фоне приемов поверхностного и коренного улучшения. Урожай зеленой массы составил 431 - 532 ц/га, сена 116,0 – 141,4 ц/га (в сумме за два укоса).

Для обеспечения продуктивности многолетнего естественного сенокоса порядка 300-400 ц/га зеленой массы, соответствующей нормативу по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ , необходимо вносить полное минеральное удобрение в дозе  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$  дробно в два приема. При проведении поверхностного и коренного улучшения для получения соответствующей нормативу зеленой массы необходимо вносить  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$  или  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$ .

Получение нормативно чистого сена при плотности загрязнения цезием-137 до 40 Ки/км<sup>2</sup> на естественных травостоях заливных лугов обеспечивает внесение полного минерального удобрения в дозе  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$ , а на окультуренных  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$  или  $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{270}$ . Выбор той или иной системы удобрения будет зависеть от финансово-экономических возможностей конкретного хозяйства.

Качественные показатели продукции зависели от применяемых удобрений и погодных условий. Приемы поверхностного и коренного улучшения слабо влияли на элементный состав сена. Наибольшее влияние на содержание элементов в корме оказали минеральные удобрения.

Осадки сточных вод способствовали увеличению урожайности сена в 1,3 – 1,6 раза по сравнению с контрольным вариантом. Высокая доза осадка практически не имела преимуществ перед низкой. На фоне известкования действие осадков сточных вод на урожай сена многолетних трав было более эффективным.

Независимо от вида и доз внесения, осадки сточных вод мало влияли на показатели качества сена. Полное минеральное удобрение существенно увеличивало содержание сырого протеина и нитратов в сене, снижало БЭВ и практически не влияло на содержание клетчатки.

В сене многолетних трав накопления тяжелых металлов сверх допустимого уровня не наблюдалось. Во всех исследуемых вариантах содержание тяжелых металлов было значительно ниже максимально допустимого уровня.

Средняя удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене была ниже норматива (ВП 13.5.13/06 – 01, 400 Бк/кг) на всех изучаемых вариантах. Самое высокое накопление радионуклида в сене многолетних трав отмечено в контрольном варианте. Внесение осадка сточных вод, как длительного хранения, так и свежего, снижало накопление  $^{137}\text{Cs}$  в продукции. Дозы осадка существенно не влияли на этот показатель.

В отдаленный после аварии на Чернобыльской АЭС период на естественных кормовых угодьях основное количество цезия – 137 сосредоточено в дернине (0 – 5 см). При поверхностной обработке (дискование тяжелой дисковой бороной) отмечено более равномерное распределение радионуклида в слое 0 – 15 см. Двухъярусная вспашка переместила основное количество радиоцезия в слой 10 – 20 см, понизив его содержание в слое 0 – 5 см, что привело к снижению гамма-фона по сравнению с контролем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аверин, В.С. Основные принципы, цели и задачи концепции реабилитации населения и территории, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС / В.С. Аверин. // Производство экологически безопасной продукции растениеводства и животноводства. – Брянск, 2004. – С. 5-9.
2. Агеец, В.Ю. Система мер снижения поступления радионуклидов в урожай – основа реабилитации загрязненных территорий Беларуси: автореф. Дисс. ... д-ра с.-х. наук. Минск, 2001. – 42 с.
3. Агроклиматический справочник по Брянской области. // Гидрометеоздат. Л. 1960. – 111 с.
4. Адаптивные системы земледелия и агротехнологии зерновых культур в Зауралье Башкортостана. // Уфа, 1998. – 60 с.
5. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. / Александрова Л.Н. – Л.: Наука, 1980. – 288 с.
6. Алексахин, Р.М. Поведение  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, Т.Г. Моисеев, Ф.А.Тихомиров // Агрехимия. – 1992. - №3. С. 127-138.
7. Алексахин, Р.М. Чернобыльская катастрофа и агропромышленное производство (К итогам 10-летних исследований). / Р.М.Алексахин. // Аграрная наука. – 1996. - № 3. – С. 5 – 7.
8. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Алексеев Ю.В.// Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
9. Алиев, Ш.А. Повышение плодородия почв – забота о будущем человечества. / Ш.А. Алиев, А.С. Салихов // Агрехимический вестник. – 1999. - № 5. – С. 8 – 9
10. Алтунин, Д.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на урожай, химический состав злаково-разнотравного пойменного сена и плодородие почвы в Нечерноземной зоне РСФСР. Удобрение сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне. / Алтунин Д.А. – Труды ВИУА, вып. 58. – Москва, 1980. – С. 26 – 32.

11. Алтунин, Д.А. Удобрение сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне. / Алтунин Д.А. – М.: Россельхозиздат, 1983. – 144 с.
12. Андреев, Н.Г. Луговоеводство / Андреев Н.Г. – 4-е изд. Перераб. – М.: «Колос», 1981. – 383 с.
13. Андреев, Н.Г. Луговое и полевое кормопроизводство. / Н.Г. Андреев. – М.: Колос, 1984. – 494 с.
14. Андреев, С.И. Как стабилизировать плодородие почвы / Андреев С.И., Еремин С.П. // Агро XXI. – 2000. -№ 1. С. 22.
15. Андреева, Д.М. Влияние высоких доз удобрений на почву и урожай / Андреева Д.М. // Сборник научных трудов Белорусской сельскохозяйственной академии. Т.134. 1975. – С. 126 – 130.
16. Анисимов, В.С. Изменение биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$  в почвах в условиях повышенной кислотности и различного содержания калия / В.С. Анисимов, С.В. Круглов, Р.М. Алексахин, В.К. Кузнецов, Н.Г. Суслина // IV съезд по радиационным исследованиям 20 – 24 ноября 2001 г. Тез. Докл. Том II. Москва, 2001. – С. 627.
17. Анспок, П.И. О внесении фосфорно-калийных удобрений в запас. / Анспок П.И. // Агрохимия. – 1998. - № 8. – С. 31 -37.
18. Артемов, И.В. и др. Особенности возделывания кормовых культур в Липецкой области / Артемов И.В. и др. // Кормопроизводство. - 1999. - № 11. – С. 16.
19. Артёмов И.А. Первокласные корма – главный резерв укрепления кормовой базы. / И.А. Артёмов, Р.Н. Черных, В.М. Первушин, Э.Б. Велибокова.// Кормопроизводство. - № 12.- 2001.- С. 26-32.
20. Архипенко, Ф.Н. Динамика продуктивности травосмесей в зависимости от удобрений / Ф.Н. Архипенко, С.Н. Слюсарь // Кормопроизводство. – 2002. - № 5. – С. 11 – 13.
21. Афанасьев, Р.А. Сроки внесения азотных удобрений на лугопастбищных угодьях при орошении. Повышение продуктивности кормовой пашни и луговых угодий. / Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. – М., 1981. – С. 63 – 67.

22. Афанасьев, Р.А. Повышение эффективности минеральных удобрений на орошаемых лугопастбищных угодьях в Нечерноземной зоне РСФСР: Автореф. Дисс. ... доктора с.-х. наук. /Афанасьев Р.А. – М.1987. – 44 с.

23. Афанасьев, Р.А. Методические рекомендации по изучению эффективности нетрадиционных органических и органо-минеральных удобрений./ Р.А.Афанасьев, Г.Е.Мерзлая// Москва. Агроконсалт, 2000. – 40 с. (2-е изд.). Под ред. Н.З.Милащенко.

24. Ахтырцев, Б.П. тяжелые металлы и радионуклиды в гидроморфных почвах лесостепи русской равнины и их профильное распределение. / Б.П.Ахтырцев, А.Б.Ахтырцев, Л.А.Яблонских // Почвоведение. № 4. 1990. – С. 435 – 444.

25. Бабарина, Э.А. Влияние систематического применения навоза и минеральных удобрений на распределение минеральных фосфатов по профилю почвы разного типа. / Бабарина Э.А.. Павлова В.С. – В кН.: Удобрение и плодородие почв. Труды ВИУА. М. 1974. Вып. 2. – С. 65 – 84.

26. Баев, К.А. Удобрение и минеральный состав клеверо-тимофеечной смеси. / Баев К.А., Степовский И.К. // Кормопроизводство. – 1986. - № 8. – С. 41 – 42.

27. Байбеков, Р.Ф. Влияние длительного применения удобрений на содержание гумуса в сероземе типичном. / Байбеков Р.Ф.. Есипова Е.Б. // Бюл. ВИУА. – 2001- № 115. – С. 115 – 116.

28. Балев, Н.М Изменение форм калия в дерново-подзолистых почвах различного механического состава при длительном применении удобрений. / Балев Н.М., Занцевич Н.П. // Доклады ТСХА. М. 1969. Вып. 147. – С. 99 – 103.

29. Балябо, С.А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие легкой дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота / С.А.Балябо, Л.А. Шевченко, В.В.Вишневецкий // Агрехимия. - № 2. – 1991. – С. 46 – 51.

30. Баранников, В.Д. Экологическая безопасность сельскохозяйственной продукции: Учебник / В.Д. Баранников, Н.К. Кириллов – М.: Колос, 2005. – 352 с.

31. Баранов, А.И. Рост, развитие и урожайность многолетних трав при коренном улучшении природных пастбищ на солонцовых почвах юга России. / А.И. Баранов, В.П. Данилевский. // Кормопроизводство. – 2008. - № 7. – С. 12 – 15.
32. Барашкова, Н.В. Влияние минеральных и органических удобрений на урожайность пастбищ в центральной Якутии. / Барашкова Н.В., Кузьмина А.В. // Бюл. ВИУА. - № 115. – 2001. – С. 11 – 12.
33. Башун, В.В. Продуктивность бобово-злаковых травосмесей различного видового состава. / Башун В.В.// Сб. научн. Тр. Бел. НИИ земледелия. – 1981. – Вып. 25. – С. 123 – 129.
34. Безносиков, В.А. Трансформация азотных удобрений и влияние их на физико-химические свойства подзолистых почв и продуктивность агроценозов. / В.А.Безносиков // Агрохимия. – 1997. - № 4. – С. 5 – 12.
35. Бейн, Е.Е. Метеорологические условия проведения опытов за 70 лет. / Бейн Е.Е., Моисеенко Ф.В., Белоус Н.М. // Химия в сельском хозяйстве, - 1996. - №3.- С.5-6.
36. Белова, Е.И. К вопросам о поведении цезия-137 в дерново-подзолистых почвах Украинского полесья. / Белова Е.И., Шаронов Г.Е., Моисеев А.А. – М.: Атомиздат, 1972. – 289 с.
37. Белова, Н.В. Влияние органических удобрений на биологическую подвижность  $^{137}\text{Cs}$  в почве / Н.В. Белова, М.Г. Драганская, Н.И. Санжарова // Плодородие. – 2004. - № 5. – С. 35-38.
38. Белоус, Н.М. Воспроизводство плодородия и реабилитация радиоактивно – загрязненных дерново-подзолистых песчаных почв юго-запада России: Автореф. дис..... докт. с.-х. наук: 06.01.04. / Н.М. Белоус. ВИУА. Москва, 2000. – 51 с.
39. Белоус, Н.М. Эффективность способов реабилитации пойменных лугов, загрязненных радионуклидами, для получения нормативно чистых зеленых кормов / Н.М.Белоус, Ф.В.Моисеенко, В.Ф.Шаповалов, А.Н.Пиргунов // Тез. Докл. II региональной научн.- практ. Конф.-ярмарки «Новые идеи, проекты, технологии и инвестиции». – Брянск, 2000. – С. 42 – 43.

40. Белоус, Н.М. пути повышения эффективности удобрений на дерново-подзолистой песчаной почве в условиях радиоактивного загрязнения. / Белоус Н.М., Драганская М.Г. – Бюл. ВИУА, 2001. - № 114. – С. 61 – 62.
41. Белоус, Н.М. Влияние разных систем удобрений на переход цезия-137 из почвы в растения // Н.М. Белоус, М.Г. Драганская // Повышение плодородия продуктивности дерново-подзолистых песчаных почв и реабилитация радиационно-загрязненных с.-х. угодий. – М.: 2002. – Вып. VII. – С. 39-52.
42. Белоус, Н.М. Влияние уровня плодородия почв на урожайность сельскохозяйственных культур и накопление  $^{137}\text{Cs}$  / Н.М.Белоус, Ф.В.Моисеенко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – Брянск, 2005. – С. 30 – 35.
43. Белоус, Н.М. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов – Брянск: Изд. БГСХА, - 2006. – 432 с.
44. Беляев, Г.Н. Влияние длительного применения калийных удобрений на формы калия в песчаной почве. / Беляев Г.Н. // Труды Ижевского сельскохозяйственного института. Вып. 23. 1974. – С. 171 – 178.
45. Богдевич, И.М. Баланс и изменение содержания подвижного калия в пахотных почвах Белоруссии / И.М. Богдевич, В.В. Лапа, Л.В. Очковская и др. // Агрохимия. – 2004. - № 1. С. 46-50.
46. Богомазов, Н.П. Микроэлементы и тяжелые металлы в выщелоченных черноземах в Центрально-Черноземной зоне Российской Федерации / Богомазов Н.П., Акулов П.Г.//Тяжелые металлы и радионуклиды в агросистемах. М. Изд-во МГУ, 1994. – с.18 – 21.
47. Большаков, В.А. Тяжелые металлы в окружающей среде и охрана природы. / Большаков В.А. // Материалы 2-й Всесоюзн. конфер., 28 – 30 декабря 1987 г. Ч.1. – М. 1988. – С. 201 – 203.
48. Бондарева, Т. Влияние некоторых нетрадиционных кормовых культур на гумусное состояние черноземов обыкновенных юга Украины / Бондарева Т. // Второй международный симпозиум «Новые и нетрадиционные перспективы их практического использования» (16-20 июня 1997 г.) материалы симпозиума. – Пущино. 1997. Т. 5. – С. 592-596.

49. Бондарь, П.В. Оценка относительной биологической доступности цезия-137 в выпадениях и общей биологической доступности в почвах на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению. / П.В. Бондарь, Ю.А. Иванов, А.Г. Озорнов. // Агрехимия. - 1992. - № 2. - С. 102-110.

50. Бондарь, П.Ф. Оценка эффективности калийных удобрений как средства снижения загрязнения урожая радиоцезием / Бондарь, П.Ф.// Агрехимия. – 1994. - № 1. С. 29-36.

51. Бондарь, П.Ф. Исследования подвижности радионуклидов в почве и их потенциальной доступности растениям ионообменным методом./Бондарь П.Ф., Шмаай Г.С., Ярмолович Т.Л. // Почвоведение. – 1995.- № 6. – с. 714 – 717.

52. Бондарь, П.Ф. Доступность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  растениям из различных компонентов почвы. / П.Ф. Бондарь, Г.С. Шмаай, Л.С. Ивашкевич, Л.В. Герасимова, В.В. Сулямова, А.Г. Важинский // Почвоведение. № 4. 2000. – С. 439 – 445.

53. Булгакова, А.А. механизмы вертикальной миграции долгоживущих радионуклидов в почвах 30-километровой зоны ЧАЭС. / А.А.Булгакова, А.В.Коноплев, В.Е.Попов, Ц.И.Бобовникова, А.А.Сиверина, И.Г.Шкуропатова // Почвоведение. № 10. 1990. – С. 14 – 19.

54. Бунаев, В.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений на продуктивность естественного травостоя и агрохимические показатели пойменной почвы: автореф. дисс... канд. с.-х. наук / В.А. Бунаев // М., 1993. – 17 с.

55. Бунякин, И.Я. Действие минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур в зависимости от содержания подвижного фосфора в карбонатном черноземе Краснодарского края. Автореф. дис... канд. с.-х. наук. М. 1986. – 22 с.

56. Бутуханов, А.Б. Биохимический состав разных хозяйственно-ботанических групп. / А.Б. Бутуханов. // Кормопроизводство. – 2006. - № 8. – С. 7 – 10.

57. Быстров, В.А. Влияние азотных удобрений на продуктивность травосмеси в условиях эрозионного ландшафта / В.А. Быстров, Н.Я. Шмырева // Агрехимия. - № 6. – 2002. – С. 82 – 90.

58. Васютин, А.С. Актуальные проблемы современного кормопроизводства. / Васютин А.С., Новоселов Ю.К. // Кормопроизводство. – 1996. - № 4. – С. 2 – 4.
59. Верниченко, Л.Ю. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур. / Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.Н. – М.:Наука. – 1980. – 269 с.
60. Вильямс, В.Р. Собрание сочинений. Т.3. Земледелие. /Вильямс В.Р. – М.: Гос. Изд-во сельхоз. лит-ры, 1949. – 568 с.
61. Вильямс, В.Р. Избранные сочинения. – М.: Изд. Акад. Наук, 1950.
62. Вирченко, Е.П. Радионуклид-органические соединения в почвах зоны влияния Чернобыльской АЭС. / Е.П.Вирченко, Г.И.Агапкина // Почвоведение, 1993. - № 1. – С. 13 – 17.
63. Водовозова, Н.Г. Влияние органического вещества почвы на переход радиоактивных изотопов в растения. Радиоактивные изотопы в почвенных и пресноводных системах. Репринт. / Н.Г. Водовозова, Р.Н. Погодин. – Свердловск, 1981. – С. 15 – 18.
64. Войтович, Н.В. Плодородие почв Нечерноземной зоны и его моделирование. / Н.В. Войтович – М.: Колос, 1997. – 388 с.
65. Войтович, Н.В. как стабилизировать плодородие почв Нечерноземья. / Н.В.Войтович, В.Ф. Кирдин, Н.Л. Полев. // Земледелие. – 1999. - № 5. – С. 20 – 21.
66. Воробьев, С.А. Севообороты в специализированных хозяйствах Нечерноземья. / С.А. Воробьев – М.: Россельхозиздат, 1982. – 270 с.
67. Воробьев, Г.Т. Цезий-137 в почвах и продукции растениеводства Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей за 1986-1992 гг. / Г.Т. Воробьев и др. – Брянск: «Грани». 1993. – 91 с.
68. Воробьев, Г.Т. Радиологическая оценка применения органических средств на почвах, загрязненных радионуклидами / Г.Т. Воробьев, З.Н. Маркина // Эколого-агрохимическая оценка состояния калийного режима почв и эффективность калийных удобрений. – М.: ЦИНАО, 2002.- с. 74.

69. Влияние удобрений на баланс элементов в почве, растении и организме животных (обзор ВНИИТЭИСХ) // М., 1969. – 82 с.

70. Гамзиков, Г.П. Влияние длительного систематического применения удобрений на органическое вещество почвы. / Г.П.Гамзиков, М.Н. Кулагина. // Почвоведение. – 1990. - № 11. – С. 57 – 60.

71. Ганжара, Н.Ф. Оценка состояния органического вещества в почвах для агрономических целей. / Ганжара Н.Ф. // Мелиорация и химизация земледелия Молдавии. Тез. Докладов респ. Конф. Кишинев, 11 – 12 июля 1988 г. Часть 1. 1988. – С. 40 – 41.

72. Гладкова, К.Ф. Действие длительного внесения удобрений и накопление в дерново-подзолистой почве запасов усвояемых фосфора и калия./ Гладкова К.Ф. // В кн.: Фосфорные удобрения (сб. экспериментальных и методических работ с применением  $P^{32}$  под редакцией профессора А.В.Соколова). М.: изд. С.-х. литературы, журналов и плакатов. 1963. – С. 95 – 116.

73. Гомонова, Н.Ф. Влияние длительного применения агрохимических средств на дерново-подзолистых почвах на трансформацию тяжелых металлов в системе почва – растение / Гомонова Н.Ф. // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. – М., 1994. – С. 180 – 186.

74. Гомонова, Н.Ф. Эколого-биологическая оценка длительного применения агрохимических средств./ Гомонова Н.Ф. // Тезисы докладов II съезда общества почвоведов. Т.1. – С.-Пб., 1996. – С. 337 – 338.

75. Гончарова, Н.В. Физиологические последствия миграции и накопления радионуклидов в растениях. / Н.В.Гончарова. // XV Менделеевский съезд по общей и прикладной химии. Минск, 24 – 29 мая. – Мн., 1993. – Т. 1. – С. 263 – 264.

76. Горина, Л.И. Накопление радиоцезия сельскохозяйственными культурами в зависимости от свойств почв и биологических особенностей растений: Автореф. Дисс. ... канд. С.-х. наук. / Горина Л.И. – М., 1976. – 19 с.

77. Графская, Г.А. Проблемы рекультивации почв, загрязненных тяжелыми металлами / Графская Г.А., Хостанцева Н.В. // Бюл. ВИУА. - № 114. – 2001. – с.80.

78. Гребенщикова, Н.В. Исследование закономерностей поведения радиоцезия в почвенно-растительном покрове Белорусского Полесья после аварии на ЧАЭС. / Н.В.Гребенщикова, С.К.Фирсакова, А.А.Новик // Агрохимия, 1992. - № 1. – С. 91 – 99.

79. Грингоф, И.Г. Агрометеорология – Продовольственной программе СССР. / Грингоф И.Г. // Гидрометеорол. Обеспечение мероприятий по выполнению Прод. Программы СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 136 с.

80. Грислис, С.В. значение клевера в агроэкосистемах. // Грислис С.В., Решетников В.М. // Кормопроизводство. – 2006. - № 11. – С. 2 – 4.

81. Гришина, А.В. Агроэкологическая оценка уровней содержания тяжелых металлов в экосистемах Владимирской области: Автореф. Дисс... канд. с.-х. наук / Гришина А.В. – М.: 2001. 21 с.

82. Громов, А.Н. Практическое руководство по технологии улучшения и использования сенокосов и пастбищ в лесостепной и степной зонах. / А.Н. Громов. – М., 1987. – 144 с.

83. Гулякин, Н.В. накопление цезия-137 в урожае в зависимости от видовых особенностей растений. / Гулякин Н.В., Юдинцева Е.В., Горина Л.И.// Агрохимия. – 1975. - № 7. – С. 121 – 129.

84. Гулякин, Н.В. Накопление радиоцезия в урожае с/х культур в зависимости от применения калийных удобрений / Н.В. Гулякин, Е.В. Юдинцева, Э.М. Левина, Т.А. Кожемякина // Агрохимия. - 1977. - № 6. - С. 11-116.

85. Гулякин, И.В. К вопросу агрохимии радиоактивных продуктов деления. / И.В.Гулякин, Е.В.Юдинцева // Агрохимия. -№ 1. -1978. – С. 145 – 153.

86. Гусев, В.И. Эффективность минеральных удобрений на пойменных сенокосах южной части Нечерноземной зоны Российской Федерации: автореф. дисс... канд. с.-х. наук /В.И.Гусев // М., 2000. – 22 с.

87. Гырбучев, И. Регулирование фосфатного режима в почвах Болгарии. / Гырбучев И. – М.: Колос. 1981. 239 с.

88. Данилов, С.И. Культура многолетних трав в Кузбассе/ Данилов С.И. – Кемерово: изд-во Кузбасс, 1951. – 106 с.

89. Дворецкий, В.В. Влияние минеральных удобрений на формирование и продуктивность злаковых травостоев в условиях мелиорированных супесчаных почв района Верхней Волги: автореф. Дисс. ... канд. с.-х. наук. / В.В.Дворецкий. – М., 1996. – 23 с.
90. Дегодюк, Э.Г. Агроэкологические основы применения удобрений в земледелии Украинской ССР: автореф. Дисс. ... д-ра с.-х. наук. / Дегодюк Э.Г. – М., 1990. – 35 с.
91. Демарчук, Г.А. Резервы повышение эффективности сибирского земледелия / Демарчук Г.А., Данилов В.П. // Земледелие. – 1997. - № 6. С. 8-9.
92. Демин, В.А. Обоснование рациональных систем удобрения в севооборотах при интенсификации сельскохозяйственного производства Нечерноземной зоны: Дисс. ... д-ра с.-х. наук. / Демин В.В. – М., 1985. – 489 с.
93. Демин, В.А. Эффективность расчетных систем удобрения в 8-польном севообороте на темно-серой лесной почве Владимирского ополья. / В.А. Демин, А.Н. Васильев // Агрохимия. – 1996. - № 10. – С. 13 – 20.
94. Демин, В.А. Влияние расчетных доз удобрений на качество культур в кормовом севообороте на темно-серой лесной почве / Демин В.А, Шалов Т.Б. // Агрохимия. – 1997. - № 9. – С. 38-41.
95. Демолон, А. Рост и развитие культурных растений / Демолон А. // М., 1961. – 399 с.
96. Денисов, Е.П. Улучшение агрофизических свойств южных черноземов под влиянием многолетних трав. // Денисов Е.П., Солодовников А.П., Мокин А.С. // Кормопроизводство. – 2006. - № 3. – С. 19 – 21.
97. Державин, Л.М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии. / Л.М.Державин – М.: Колос, 1992. – 272 с.
98. Державин, Л.М. Комплексное применение средств химизации в луговодстве. / Державин Л.М., Колокольцева И.В., Державина Г.П. // Перспективные агрохимические технологии повышения качества кормов. – Доклады симпозиума (Немчиновка, 4-5 июля 2002 г. – Москва, 2002 С.26 – 29.

99. Державина, Г.П. Баланс уровня кормления молочных коров в сухостойный период./Державина Г.П., Алексеева Л.Л., Балачадран// Вестник РАСХН. – 1999. - №6. – С. 70 – 72.

100. Дзикевич, К.А. Влияние длительного применения калийных удобрений на увеличение почвенных запасов калия и величину последствий калийных удобрений в зависимости от дозы и формы их внесения. / К.А.Дзикевич // Агрохимия. – 1978. - № 4. – С. 44 – 48.

101. Дикарев, В.Г. Агроэкологическая эффективность разных способов внесения жидкого навоза на многоукосных травостоях. / Дикарев В.Г. // Бюллетень ВИУА. – 2003. - № 117. – С. 189 – 191.

102. Дмитриева, И.С. Создание злаковых и бобово-злаковых травостоев для интенсивного укосного пользования. / Дмитриева И.С. – М., 1989. – С. 24.

103. Довлар, И.А. Продуктивность козлятника восточного в чистых посевах и бобово-злаковом агрофитоценозе./ Довлар И.А. // Сборник статей научных сотрудников и аспирантов Белорусского НИИ земледелия и кормов. – 2001. – с. 166 – 168.

104. Дричко, В.Ф. Поступление цезия-137 в кострец безопасный из торфяной почвы при поверхностном внесении калийных удобрений / Дричко В.Ф., Паникова Т.М. Ефремова М. // Материалы междунар. Конференции. Радиология песчаных почв. – С. Петербург. 1994. – С. 75-77.

105. Дышко, В.Н. эффективность минеральных удобрений на многолетних травах в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве / Дышко В.Н. // Бюллетень ВИУА. - № 117. – 2003. – С. 33 – 34.

106. Дьяконова, К.В. Баланс и трансформация органического вещества дерново-подзолистых почв ГЦО. / Дьяконова К.В., Буреева В.С. // Органическое вещество дерново-подзолистых почв. – Сб. научн. Тр. Почвенного института им. Докучаева. – М.: 1987. – С. 12 – 22.

107. Евдокимова, Т.Н. Зависимость продуктивности многолетних трав от потенциала почвенной влаги. / Т.Н.Евдокимова, Т.Ф.Борзова. // Почвоведение. – 1997. - № 10. – С. 1240 – 1244.

108. Егорова, Е.А. О подвижности  $^{90}\text{Sr}$  в различных типах почв. / Е.А.Егорова // Почвоведение, 1987. - № 7. – С. 117 – 121.
109. Ефимов, В.Н. Действие и последствие калийного удобрения на урожайность и качество многолетних лаковых трав на низинной торфяной почве. Сообщение 1. / В.Н.Ефимов, Н.Ф. Лунина, Т.В. Бартош // Агрохимия. – 1997. - № 3. – С. 53 – 58.
110. Житов, В.В. Изменение агроэкологических характеристик серых лесных почв при длительном применении минеральных удобрений в севообороте. / Житов В.В., Долгополов А.А. // Бюл. ВИУА, 2001. - № 114. – С. 41 – 42.
111. Жуков, Л.И. Регулирование баланса гумуса в почве. / Жуков Л.И., Попов П.Д. // – М.: Росагропроиздат, 1988. – 40 с.
112. Жукова, Л.М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства различных почв. / Жукова Л.М. // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М.:»Колос», 1980. – С. 41 – 60.
113. Жукова, Л.М. Влияние длительного применения удобрений на калийный режим дерново-подзолистых почв и выщелоченных черноземов. / Жукова Л.М., Панкова Н.К. // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М.: Агропромиздат. 1986. Вып. 8. – С. 5 – 27.
114. Жученко, А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства (концепция) / Жученко А.А. Пущино: ОМГИ ПНЦ РАН. 1994. – 10 с.
115. Забавская, К.И. Фиксация разными почвами и выделенными из них механическими фракциями / К.И.Забавская // Агрохимия. № 7. 1974. – С. 38 -42.
116. Заикин, В.П. Полевые севообороты. / Заикин В.П. // Горький. Волго-вятское кн. изд.-во, 1984. – 81 с.
117. Захарьев, Н.И. Биологическая роль бобово-злаковых травостоев и их применение в сельском хозяйстве. / Захарьев Н.И. // Химический состав и питательность растительных кормов. – Фрунзе, 1981. – С. 3 – 16.
118. Зимин, А.Н. Козлятник восточный в Орловской области / Зимин А.Н., Коломейченко В.В. // Кормопроизводство. 1999. - № 10. С. 18-20.

119. Зотов, А.А. Агроэкологические основы производства и использования кормов на сенокосах и пастбищах. / А.А. Зотов, Н.А. Семенов. // Кормопроизводство. – 2006. - № 7. – С. 6 – 11.
120. Иванов, Д.А. Эффективность азотных удобрений на пастбищах. Удобрение пастбищ азотом. / Иванов Д.А., Иванова М.В. – М.. 1969. – С. 18 – 32.
121. Иванов, Ю.Д. Современные аспекты экологизации севооборотов в земледелии Центральной Нечерноземной зоны России / Иванов Ю.Д. // Агро XXI – 2001. - № 9. – С. 8-19.
122. Иванова, Т.А. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. / Т.А.Иванова – М.: Агропромиздат, 1989. – 235 с.
123. Ивенин, В.В. Севообороты и приемы обработки серых лесных почв Нижегородской области. / Ивенин В.В. – Н.Новгород, 1995. – 164 с.
124. Израэль, Ю.А. Метеорология и гидрология / Ю.А. Израэль, В.А. Петров, С.И. Авдюшин. – 1987. - № 2. (цит. По Моисеев и др., 1984).
125. Ильин, В.Б. Содержание тяжелых металлов в почвах и растениях Новосибирска / В.Б. Ильин, Н.Л. Байдина, Г.А. Конарбаева и др. // Агрохимия. – 2000. - № 1. – С. 66 – 73.
126. Йохансон, К.И. Функции органического вещества, определяющие поведение радиоцезия в системе почва – растение / Йохансон К.И., Долгилевич М.И., Васенков Г.И. // Вісн. Аграр. Науки. 1997. - № 3. – с. 52 – 54.
127. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. – М.: Мир., 1989. 439 с.
128. Каджюлис, Л.Ю. Выращивание многолетних трав на корм. / Каджюлис Л.Ю. – Ленинград: «Колос», 1977. – С. 25 – 30.
129. Калашников, К.Г. Производство объемистых и концентрированных кормов в биологизированных севооборотах. / Калашников К.Г., Макаров В.И., Ермоленко Н.В. // Кормопроизводство. – 2006. - № 4. – С. 2 – 6.
130. Калашников, К.Г. Активная система земледелия и производство кормов / Калашников К.Г., Хлопюк М.С. Акимов А.Ю. // Кормопроизводство. – 2006. - № 11. – С. 2-4.

131. Карпова, Э.С. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой песчано-легкосуглинистой почвы под влиянием длительного применения удобрений в льняном севообороте. / Э.С.Карпова // Агрохимия. – 1975. - № 8. – С. 69 – 79.
132. Карпова, С.Ю. Влияние длительного внесения удобрений на содержание микроэлементов и тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве в льняном севообороте: автореф. Дисс... канд. биол. наук / С.Ю. Карпова // М., 2000. – 24 с.
133. Карпова, Е.А. Длительное применение удобрений и тяжелые металлы в агроэкосистемах. /Е.А. Карпова. // Проблемы агрохимии и экологии, 2008. - № 2. – С. 19 – 22.
134. Касатиков, В.А. Использование осадка сточных вод и компостов из твердых бытовых отходов / Касатиков В.А. // Химизация сельского хозяйства. – 1989. - № 11. – с.39 – 41.
135. Касатиков, В.А. Агроэкологические основы применения осадков сточных вод на удобрение: Автор. Дис... д-ра с.-х. наук / Касатиков В.А.- Москва, 1990. – 60 с.
136. Касаткина, Т.Л. О зависимости качественного состава органического вещества от биологической активности почв. / Касаткина Т.Л., Цыпленков В.П. // Вестник Ленингр. Университета. Биология, вып. 1. – 1982. - № 3.- С. 108 – 109.
137. Кирюшин, В.И. Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. / Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С. и др. – М.: МСХА, 1993. – С.99.
138. Кирюшин, В.И. Экологические основы земледелия. / В.И.Кирюшин – М.: Колос, 1996. – С. 367.
139. Кирюшин, В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. / Кирюшин В.И. – М.: МСХА, 2000. – 474 с.
140. Коверга, Л.В. значение многолетних трав и травосмесей в создании кормовой базы для животноводства. / Коверга Л.В. // Химический состав и питательность растительных кормов. – 1988. – Вып. 3. – С. 3 – 8.
141. Козловский, Е.В. Известкование почв / Козловский Е.В., Небольсин А.Н., Алексеев Ю.В., Чуриков В.П. // Л.: Колос, 1983. – 286 с.

142. Козьмин, Г.В. Ведение сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / Г.В. Козьмин, С.В. Круглов, А.А.Курганов, Б.И. Яцало, В.А. Кутьков, В.И. Белолипецкая, В.В. Ткаченко, И.А. Пичугина, А.С. Зенкин, Б.И. Сынзыныс // Обнинск: ИАТЭ, 1999. – 187 с.

143. Кононова, М.М. Органическое вещество почвы: его природа, свойства и методы изучения. / Кононова М.М. – М.: изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.

144. Коноплев, А.В. Параметризация перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения на основе ключевых почвенных характеристик. / Коноплев А.В., Коноплева И.В.// Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т.39. - № 4. – С. 455 – 461.

145. Кореньков, Д.А. Агроэкологическая система применения азотных удобрений. / Кореньков Д.А.// - М.:Агропромиздат, 1999. – С.296.

146. Корнеев, Н.А. Роль базальной части многолетних злаковых растений в накоплении  $^{90}\text{Sr}$ . / Корнеев Н.А., Малышева М.Р.// Всесоюзн. Симпозиум «Теоретические и практические аспекты малых доз ионизирующей радиации». – М.. 1973. – С. 128.

147. Корнеев, Н.А. Прогнозирование поступления  $^{90}\text{Sr}$  из дернины. / Корнеев Н.А., Фирсакова С.К. // Агрехимия. – 1983. - № 3. – С. 103 – 107.

148. Корнеев Н.А. Итоги и проблемы экологического мониторинга в кормопроизводстве и животноводстве. / Н.А. Корнеев, А.Н. Сироткин. // Сельскохозяйственная биология. - 1986. - № 7. - С. 51-59.

149. Корнеев Н.А. К вопросу о миграции  $^{137}\text{Cs}$  в почвенно-растительном покрове. / Н.А. Корнеев, В.А. Егорова. // Сельскохозяйственная биология. - 1989. - № 1.-С. 35-41.

150. Косолапов, В.М. Кормопроизводство на торфяных почвах России. / В.М.Косолапов, А.А.Зотов, А.Н.Уланов. – Москва. – 2009. – 858 с.

151. Косолапов, В.М. Кормопроизводство – стратегическое направление в обеспечении продовольственной безопасности России. Теория и практика. /В.М.Косолапов, И.А.Трофимов, Л.С.Трофимова – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 199 с.

152. Костина, В.Ф. Повышение урожайности и качества продукции кормовых угодий. / Костина В. Ф. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 80 с.
153. Кочегарова, Н.Л. Устойчивое экологическое развитие России на пороге третьего тысячелетия: учеб. Пособие. – Брянск: Брянск сегодня, 2003. – 400 с.
154. Крылова, Н.П. Применение минимальной обработки дернины при создании и улучшении сенокосов и пастбищ (обзор зарубежного опыта). / Крылдова Н.П. – М.: ВНИИТЭИ, 1990. – 56 с.
155. Кудин, В.А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность пойменного луга в зоне Белорусского Полесья / В.А. Кудин // Агрохимия. – 1989. - № 12. – С. 37 – 40.
156. Кудяров, В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. / Кудяров В.Н. // М.: Наука. – 1989. – 216 с.
157. Куди, В.А. Влияние удобрений на агрохимические свойства пойменного луга и урожай трав / В.А. Куди, Л.А. Ожерелок // Агрохимия. – 1993. - № 12. – С. 33 – 36.
158. Кузина, К.И. Влияние минеральных удобрений на качество продукции и окружающую среду. / Кузина К.И., Мочалова А.Д., Покровская С.Ф. – М., 1985. – 66 с.
159. Кузнецов М.С. Скорость потока, размывающего почву, как характеристика ее противоэрозионной стойкости./ Кузнецов М.С. // Сб.: эрозия почв и русловые процессы. Изд-во МГУ. – Вып. 6. – 1978. – С. 86 – 97.
160. Кузнецов, А.В. Радионуклиды в системе «почва – растение». / А.В.Кузнецов. // Влияние средств химизации на радиоактивность почв сельскохозяйственных угодий и возделываемых растений. – М., 1984. – С. 3 – 12.
161. Кузнецов, В.К. Поступление  $^{137}\text{Cs}$  в урожай сельскохозяйственных культур из почв различной степени окультуренности. / В.К.Кузнецов, Н.И.Санжарова, В.И.Бровкин // Агрохимия, 2000. - № 3. – С. 64 – 68.
162. Кузнецов, В.К. Накопление  $^{137}\text{Cs}$  в урожае сельскохозяйственных культур при внесении фосфорных удобрений / В.К. Кузнецов, Н.И. Санжарова

// IV съезд по радиационным исследованиям 20 – 24 ноября 2001 г. Тез. Докл. Том II. Москва, 2001. – С. 651.

163. Кузнецов, В.К. К вопросу об оптимальных уровнях обеспеченности калием минеральных почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению, Производство экономически безопасной продукции растениеводства и животноводства / В.К. Кузнецов, Н.И. Санжарова, Н.В. Белова. П.И. Юриков. – Брянск. 2004. – С. 21-24.

164. Кулаков, В.А. Эффективность азотных удобрений на злаковых пастбищах. / Кулаков В.А. // Тез. Докл. Географич. Сети опытов с удобрениями. – М., 1973. – С. 127 – 129.

165. Кулаков В.А. Продуктивность пастбищного агрофитоценоза длительного пользования в зависимости от уровня применения минеральных и органических удобрений. / В.А. Кулаков, М.Ф. Щербаков, О.М. Балаева. // Агрохимия. - 1997. - № 7. - С. 61-67.

166. Кулаков В.А. Современные системы удобрения лугов. / В.А. Кулаков, Л.С. Трофимова, М.Ф. Щербаков. // Кормопроизводство. - 1997. - № 1-2. - С. 24-26.

167. Кулаков, В.А. Эффективность различных систем удобрений злаковых пастбищ / В.А.Кулаков, О.М. Балаева, М.Ф. Щербаков // Агрохимия. – 1998. - № 4. – С. 52 – 57.

168. Кулаков, В.А. Влияние удобрений на продуктивность и воспроизводство почвенного плодородия / В.А. Кулаков, А.В. Шпаков, М.Ф. Щербаков // Агрохимия. – 2002. - № 9. – С. 27 – 33.

169. Кулаков, В.А. Влияние органических удобрений на продуктивность и плодородие почвы культурных пастбищ / В.А. Кулаков, А.В. Шпаков // Бюллетень ВИУА. – М., 2003. - № 117. – С. 205 – 206.

170. Кулаков, В.А. Флористический состав и продуктивность агрофитоценозов в условиях длительного использования в зависимости от системы удобрений \ В.А.Кулаков // Кормопроизводство. – 2005. - № 10. – С. 7 – 9.

171. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Кулаковская Т.Н. // Минск: Ураджай, 1978. – 272 с.

172. Кулешов, Н.И. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на урожай козлятника, его корневую систему и численность дождевых червей в почве под ним. / Кулешов Н.И., Игошина Д.В. // Кормопроизводство. – 2006. - № 7. – С. 20 – 23.
173. Куликов Н.В. Континентальная радиоэкология. / Н.В. Куликов, И.В. Молчанова. - М.: Наука, 1975. – 184 с.
174. Кураков, В.И. Основные параметры воспроизводства, обеспечивающие максимальный выход экологически чистой продукции при длительном применении удобрений в зерносвекловичном севообороте / Кураков В.И., Ситников В.В., Александрова Л.В., Минакова О.А., Накульников И.М., Боронтов О.К., Безлер Н.В. // Бюл. ВИУА. – 2001. - № 115. – с. 39 – 40.
175. Курганов, А.А. Радиационная безопасность в сельском хозяйстве. / А.А.Курганов. – М.: РЭФИА, 1998. – 84 с.
176. Курганов, А.А. Разработка адаптивных технологий применения удобрений и средств химизации на радиоактивно загрязненных почвах, обеспечивающих получение нормативно «чистой» растениеводческой продукции / Курганов А.А. Прудников П.В. // Производство экологически безопасной продукции растениеводства и животноводства. – Брянск. 2004. – С. 24-28.
177. Кутузова, А.А. Результаты исследований по луговодству. / Кутузова А.А., Игловиков В.Г. // Кормопроизводство. Вып. 13. – М. 1976. – С. 12 – 21.
178. Кутузова, А.А. Научные основы создания и использования бобово-злаковых травостоев в центральном районе лесной зоны СССР: автореф. Дисс... канд. с.-х. наук / Кутузова А.А. // М., 1973. – 36 с.
179. Кутузова, А.А. Научные основы использования биологического азота в луговодстве. / Кутузова А.А. // Вестник с.-х. науки. 1986. № 4. – С. 105 – 113.
180. Кутузова, А.А. Роль биологического азота в повышении продуктивности пастбищ и сенокосов. / Кутузова А.А. и др. // Интенсификация лугопастбищного хозяйства. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 58 – 63.
181. Кутузова, А.А. Ресурсосберегающие технологии лугов и приемы повышения плодородия почв / Кутузова А.А., Трофимова Л.С. // Повышение плодородия почв в современной земледелии с использованием удобрений и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур. – М.: Агроконсалт, 1998. – с.85.

182. Кутузова, А.А. Влияние систем ведения пастбищ на плодородие дерново-подзолистой почвы. / А.А. Кутузова, Д.М.Тебердиев, Н.Т. Талипов, Т.Ф. Борзова. // Агрехимия. – 2000. - № 8. – С. 17 – 24.

183. Кшникаткина, А.Н. Агроэкологическая оценка продуктивности многолетних трав. /Кшникаткина А.Н., Гущина В.А., Варламов В.А., Галиулин А.А. // Кормопроизводство. – 2004. - № 9. – С. 9 – 11.

184. Ланг, Г. Длительные опыты по применению калийных удобрений. /Ланг Г. // Междун. с.-х. журнал. – 1978. - № 4. – С.69 – 73.

185. Лапа, В.В. Эффективность азотных удобрений при различных балансах фосфора и калия в удобрении озимой ржи на дерново-подзолистой супесчаной почве / Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Полонская Л.Ю., Васько А.С. // В кн.: Проблемы питания растений и использование удобрений в современных условиях. – Жодино. 2000. – С. 268 – 272.

186. Ларин, И.В. Луговое хозяйство и пастбищное хозяйство. / Ларин И.В., Иванов А.Ф., Бегучев П.П. – 2-е изд. Перераб. И доп. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 600с.

187. Лебедева, Л.А. Биологические свойства дерново-подзолистой почвы, загрязненной тяжелыми металлами / Лебедева Л.А., Амелянчик О.А., Лебедев С.Н. и др. // Тяжелые металлы и радионуклиды в агросистемах. – М.: Изд-во МГУ. – 1994. – С.202 – 211.

188. Липовских, Л.П. Влияние известкования на подвижность меди в дерново-подзолистых почвах / Л.П.Липовских // Эффективность удобрений в Северо-Западном регионе Нечерноземной зоны РСФСР. – Л.: 1983. – с.47 – 53.

189. Лисецкий, Ф.Н. Посевы люцерны восстанавливают плодородие смытых почв. / Лисецкий Ф.Н. // Земледелие. – 1989. - № 11. – С. 30 – 31.

170. Листопадов, И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии. / Листопадов И.Н., Шапошников И.М. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 205 с.

171. Литвак, Ш.И. Основные принципы разработки системы удобрений в севообороте (по данным опытов Географической сети). / Литвак Ш.И., Панкова Н.К. // Применение удобрений и расширенное воспроизводство плодородия

почв. – М. 1989. – С. 7 – 19.

172. Литвак, Ш.И. Влияние различных систем удобрения на продуктивность полевого севооборота и фосфатно-калийный режим дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы / Ш.И.Литвак, Э.А.Бабарина, Л.В.Никитина, В.П.Човжик // *Агрохимия*. 1990. № 8. – С. 43 – 49.

173. Логинов, А.М. Перспективные травосмеси для сенокосов. / Логинов А.М., Привалов К.Н. // *Кормопроизводство*. – 1995. - № 4. – С. 35 – 38.

174. Лукин, С.В. Накопление кадмия в сельскохозяйственных культурах в зависимости от уровня загрязнения почвы / С.В. Лукин, В.Е. Явтушенко, И.Е. Солдат // *Агрохимия*. – 2000. - № 1. – С. 81 – 85.

175. Лустова Н. Дозы и соотношения минеральных удобрений на различных травостоях культурных пастбищ Калининградской области / Лустова Н. // М., 1973. – С. 120 – 123.

176. Лыков, А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. / Лыков А.М. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 143 с.

177. Мазур, Г.А. Некоторые особенности механизма гумусонакопления в дерново-подзолистой супесчаной почве в связи с известкованием и удобрением. / Г.А. Мазур, Н.Н. Ермолаев // *Почвоведение*. – 1985. - № 5. – С. 43 – 49.

178. Макаренко, П.С. Влияние удобрений на продуктивность сеяного пойменного луга, качество корма и почвенное плодородие. / Макаренко П.С. // *Агрохимия*. – 1990. - № 10. – С. 51 – 58.

179. Макаров, Н.Б. Влияние увлажнения и удобрений на питательный режим торфяной почвы поймы р. Дубны. / Н.Б. Макаров, В.Н. Шмаков. // *Агрохимия*. – 1994. - № 2. – С. 53 – 57.

180. Макаров, Н.Б. Эффективность внесения удобрений под многолетние злаковые травы на торфяных почвах восточных регионов России / Н.Б. Макаров // *Агрохимия*. – 1994. - № 7-8. – С. 50 – 54.

181. Макаров, Н.Б. Плодородие почв и устойчивость земледелия (агроэкологический аспект). / Макаров Н.Б., Муха В.Д., Кочетов И.С. и др. // Под ред. Макарова И.П. и Мухи В.Д. – М.:»Колос», 1995. – 288 с.

182. Макаров, И.П. Окультуривание дерново-подзолистых почв Волго-Вятского региона России / Макаров И.П. // М.: ЦИНАО. 2002. – 316 с.
183. Макарецв, Н.Г. Кормление сельскохозяйственных животных / Н.Г. Макарецв. – Калуга: ГУП «Облиздат», 1999. -646 с.
184. Максимов, В.Г. Видовые и сортовые различия растений в накоплении радиостронция и радиоцезия из почвы. / В.Г.Максимов, Л.В.Перепелятников, Г.И. Жуков. // Агрoхимия. – 1991. - № 8. – С. 94 - 98.
185. Маркина, З.Н. Радиологическое состояние агроландшафтов юго-запада России и их реабилитация: Автореф. Дис. ... докт.. с.-х. наук. 06.01.04 / З.Н. Маркина. – Брянск. 1999. – 42 с.
186. Маркина, З.Н. Радиологическая обстановка на почвах сельхозугодий Брянской области и пути получения нормативно чистой продукции / З.Н. Маркина, П.В. Прудников, Л.А. Ковалев, А.А. Новиков. // Агрoхимический вестник. – 2006. № 2. С. 10-11.
187. Мееровский, А.С. Эффективность применения удобрений на луговых угодьях БССР. Удобрение сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне / А.С. Мееровский, В.А. Якушева, А.П. Еременко, С.А.Касьянчик // Труды ВИУА. Вып. 58. – М., 1980. – С. 72 – 82.
188. Мельничук, В.П. эффективность известкования почвы и совместного применения извести с удобрениями на злаковых пастбищах. / В.П. Мельничук, Л.Д. Попов // Агрoхимия, 1973. - № 8. – С. 97 – 105.
189. Мерзлая, Г.Е. Урожай и химический состав кормовых трав при использовании осадков сточных вод / Мерзлая Г.Е., Филиппова А.В. // Перспективные агрохимические технологии повышения качества кормов. – Доклады симпозиума (Немчиновка, 4-5 июля 2002 г. – Москва, 2002 . - С.223 - 226.
190. Мерзлая, Г.Е. Влияние органических. Минеральных удобрений на продуктивность агроценозов многолетних трав. / Г.Е. Мерзлая, В.В. Вахрушева, И.В. Сереброва, Л.И. Креминская. // Агрoхимия. – 2004. - № 7. – С. 33 – 40.

191. Мерзлая, Г.Е. Тяжелые металлы в системе органическое удобрение – почва – растение / Г.Е.Мерзлая, С.П.Замана, А.В.Соколов // Плодородие. – 2009.- № 2. – с. 49 – 50.

192. Меркушева, М.Г. Продуктивность, биохимический состав и кормовая ценность орошаемых сеяных злаковых травосмесей в бассейне р. Селенги в зависимости от минеральных удобрений. / Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. // Агрохимия – 1994. - № 9. – С. 3 – 14.

193. Меркушева, М.Г. Биопродуктивность, содержание и накопление макроэлементов надземной и подземной фитомассой сеяного злакового травостоя в бассейне р. Селенги в зависимости от минеральных удобрений / Меркушева М.Г., Убугунов Л.Л. // Агрохимия – 1997. - № 3. – С. 44 – 52.

194. Меркушева, М.Г. Биопродуктивность и химический состав надземной и подземной фитомассы растительности степных пастбищ Забайкалья. / М.Г. Меркушева, Л.Л. Убугунов, И.Н. Лаврентьева // Агрохимия. – 2000. - № 12. – С. 36 – 45.

195. Милащенко, Н.З. производство экологически чистых и биологически полноценных продуктов питания. / Н.З. Милащенко, В.П.Захаров. // Химизация сельского хозяйства. – 1991. – С. 6 – 9.

196. Милащенко, Н.З. Системный подход к воспроизводству плодородия почв – основа успехов в повышении продуктивности земледелия. / Милащенко Н.З. // Бюл. ВИУА, 2001. - № 115. – С. 108 – 109.

197. Миндрин, А.С. Интенсификация земледелия: экономическая эффективность и экологический риск / Миндрин А.С. // Проблема интенсификации и экологизации земледелия России (13-15 июня 2006 г. П. Рассвет Ростовской обл. Сб. материал. Научн. Секции Россельхозакадемии. – С. 178-208.

198. Минеев, В.Г. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации / Минеев В.Г., Макарова А.И., Трушина Т.А. // Агрохимия. – 1981.- № 5. – с.146 – 155.

199. Минеев, В.Г. Экологические проблемы агрохимии. / Минеев В.Г.// М.: МГУ, 1988. – 283 с.

200. Минеев, В.Г. Влияние степени насыщенности севооборотов органи-

ческими и минеральными удобрениями на продуктивность культур и баланс питательных веществ. / Минеев В.Г., Хабарова А.М., Щербакова Н.И. и др. // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М.: Колос. 1984, - 245 с.

201. Минеев, В.Г. Экологические проблемы агрохимии. / Минеев В.Г.// М.: МГУ, 1988. – 283 с.

202. Минеев, В.Г. Пути повышения плодородия кислой дерново-подзолистой почвы. / Минеев В.Г., Гомонова Н.Ф. // Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. - № 7 – С. 2 – 4.

203. Минеев, В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М.: Агропромиздат. 1990. -206. с.

204. Минеев, В.Г. Баланс тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности при систематическом применении различных доз минеральных удобрений / Минеев В.Г., Парамонова Е.А., Соловьев Г.А. // Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине. – Самарканд, 1990. – С. 164.

205. Минеев, В.Г. Экологические последствия длительного применения повышенных и высоких доз минеральных удобрений. / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе // Агрохимия, 1991. - № 3. – С. 35 – 49.

206. Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. / Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т.// М.: Колос, 1993. – 415 с.

207. Минеев, В.Г. О развитии новых направлений и совершенствовании методологии агрохимических исследований / Минеев В.Г. // Итоги научн. конференции. – Белгород. Сентябрь, 1995. – М.: МГУ. 1997. – С. 5 – 15.

208. Минеев, В.Г. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы и ее микробиоценоза при интенсивном антропогенном воздействии. / В.Г. Минеев, Н.Ф. Гомонова, Т.М. Зенова, И.Н. Скворцова // Почвоведение, 1999. - № 4. – С. 455 – 460.

209. Михайличенко, Б.П. Всемирно развивать травосеяния / Михайличенко Б.П. // Земледелие. – 1997. - № 1. – С. 12-13.

210. Мишина, И.Ю. Сравнительное исследование роли гумусовых ве-

ществ и растительных остатков в плодородии дерново-подзолистых почв. / Мишина И.Ю. – Бюл. ВИУА, 1987. - № 79. – С. 56 – 58.

211. Моисеев, И.Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность  $^{137}\text{Cs}$  из почвы сельскохозяйственными растениями. / И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров, Л.А. Рерих // *Агрохимия*. -1986. № 2. С. 89-94.

212. Моисеев, И.Т. Влияние минеральных удобрений на поступление радиоцезия в сельскохозяйственные культуры и агрохимические показатели почв. / И.Т. Моисеев. // *Агрохимия*. – 1990. - № 5. – С. 136 – 156.

213. Моисеев, И.Т. Изучение поведения цезия-137 в почвах и его поступления в сельскохозяйственные культуры в зависимости от различных факторов. / И.Т. Моисеев, Г.И. Агапкина, Ф.А. Тихомиров // *Агрохимия*. -1994. - № 2. – С. 103.

214. Моисеев, А.А. Агроэкологическая оценка многолетних трав в условиях лесостепи юга Нечерноземья. / А.А. Моисеев. // *Кормопроизводство*. – 2006. - № 11. – С. 9 – 13.

215. Монтосов, К.А. Влияние азотного и калийного удобрения на урожай и качество сена краткопашенного луга / К.А. Монтосов // *Агрохимия*. – 1988. - № 12. – С. 19 – 24.

216. Мосолов, В.П. Многолетние травы и агротехнические основы севооборотов. / Мосолов В.П. – Сочинения. – Т.3. – М.. 1953. – 536 с.

217. Мязин, Н.Г. Действие и последствие удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы в севообороте. / Н.Г.Мязин, Р.Н.Луценко// *Агрохимия*. – 2002. - № 11. – С. 22 – 26.

218. Нарциссов, В.П. Травопольная система земледелия и ее освоение. / Нарциссов В.П. – Горьковское кН. изд-во, 1953. – 272 с.

219. Насонова, Н. Подбор бобово-злаковых травосмесей для создания пастбищ в Центральных районах лесной зоны. / Насонова Н. // Доклады и сообщения по кормопроизводству ВНИИК. – Вып. 5. – 1973. – С. 100 – 108.

220. Наумченко, Е.Т. Влияние систематического применения удобрений на агрохимические свойства луговой черноземовидной почвы и продуктивность севооборота. / Наумченко Е.Т., Ковшик И.Г. // Бюл. ВИУА. – 2001. - № 114. – С. 136.

221. Небольсин, А.Н. Системы экономической оптимизации доз минеральных удобрений на культурных сенокосах и пастбищах с учетом экологических факторов / А.Н. Небольсин, З.П. Небольсина // *Агрохимия*. – 1996. - № 4. – С. 50 – 62.

222. Никитин, В.И. Цена предшественника под озимую пшеницу. / В.И. Никитин, В.В. Звездичев, С.С. Шерстнев, К.Г. Калашников // *Кормопроизводство*. – 2003. - № 9. –С. 19– 21.

223. Никитишен, В.И. минеральное питание и продуктивность культур севооборота в условиях длительного применения удобрений. / В.И. Никитишен, Л.К. Дмитракова, А.В. Заборин // *Агрохимия*. – 1995. - № 12. – С. 40 – 48.

224. Никитишен, В.И. К методике исследования агрохимии азота / Никитишен В.И. // *Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в географической сети опытов с удобрениями*. – М., 2006. – С. 12 – 16.

225. Норкина, И.А. Действие комплексных и калийно-магниевых удобрений на урожай и качество картофеля и кормового люпина / Норкина И.А. // *Бюл. ВИУА*. М. 1970. – С. 59 – 63.

226. Носов, В.В. Изменение некоторых показателей калийного состояния дерново-подзолистых почв под влиянием применения калийных удобрений в длительных полевых опытах. / В.В.Носов, Т.А.Соколова, В.В.Прокошев и др. // *Агрохимия*. – 1997. - № 5. – С.13 – 19.

227. Носовская, И.И. Влияние длительного систематического применения различных форм минеральных удобрений и навоза на накопление в почве и хозяйственный баланс меди и цинка / И.И. Носовская, Г.А. Соловьев, В.С. Егоров // *Агрохимия*. – 2000. - № 9. – С. 50 – 56.

228. Овсянников, Ю.А. Земледелие, как фактор возникновения и решения экологических проблем. /Овсянников Ю.А. // *Аграрная наука*. – 2000. - № 6. – С. 12 – 13.

229. Овчаренко, М.М. Влияние извести и цеолитов на поступление Cd, Zn в корнеплоды моркови / Овчаренко М.М. Величко В.А., Лебедев С.Н. и др. // *Тяжелые металлы и радионуклиды в агросистемах*. – М.: Изд. МГУ. 1994. –С. 194-201.

230. Окорков, В.В. Особенности применения средств химизации в сево-

оборотах на серых лесных почвах Владимирского ополья (рекомендации) / Окорков В.В., Окоркова Л.А., Фетисова С.В., Фенова О.А. // Владимир: РАСХН, Владимирский НИИСХ, 2005. – 96 с.

231. Орлов, Д.С. Экологические нормативы на традиционные органические удобрения. / Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Ладонин Д.В. // Химия в сельском хозяйстве, 1995. - № 5. – С. 35 – 38.

232. Павлоцкая, Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. / Павлоцкая Ф.И. // М.: Атомиздат, 1974. – 215 с.

233. Павлоцкая, Ф.И. К вопросу о механизме влияния извести, торфа и навоза на нахождение форм радионуклидов в дерново-подзолистых почвах. / Павлоцкая Ф.И., Моисеев И.Т. // М.:Атомиздат, 1986. – 112 с.

234. Панов, А.Ф. оптимизация защитных мероприятий в сельских населенных пунктах в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. / А.В.Панов, С.В.Фесенко, Р.М.Алексахин. // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. - № 3. – С. 3 – 7.

235. Панферов, Н.В. Приемы улучшения и использования луговых травостоев в поймах рек Нечерноземья. Прием создания и использования высокопродуктивных сенокосов и пастбищ / Панферов Н.Н., Васильев М.В. // Москва, 1986. – с. 162 – 172.

236. Панферов, Н.В. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность пастбищ в пойме Оки / Панферов Н.Н., Васильев М.В. // Кормопроизводство, 2003. - № 1. – С. 11 – 14.

237. Панферов, Н.В. Эффективность длительного внесения минеральных удобрений на пойменных пастбищах. / Н.В. Панферов. // Кормопроизводство. – 2008. - № 3. – С. 9 – 12.

238. Парамонова, Е.А. Биогенные и токсические элементы в агроценозе при интенсивной химизации: автореф. Дис... канд. биол. наук / Парамонова Е.А. // М., 1991. – 23 с.

239. Петелько, А.И. Защита почвы от водной эрозии должна быть комплексной. / А.И. Петелько// Земледелие. – 2004. - № 5. – С. 12 – 13.

240. Петербургский, А.В. Изучение поведения калия в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при длительном применении удобрений в условиях бессменного пара и монокультур ржи и картофеля. / Петербургский А.В., Янишевский Ф.В. // Изв. ТСХА. 1989. № 5. – С. 85 – 94.

241. Петряков, Е.П. Роль органического вещества почвы в миграции радионуклидов Чернобыльского выброса / Е.П. Петряков, С.Д. Овсянникова, С.А. Килочицкая. // Геохимические пути миграции искусственных радионуклидов в биосфере: Тез. докл. IV конфер. Научн. совета при ГЕОХИМ АН СССР по программе АЭС—ВО. – Гомель. 1990. 87. с.

242. Плешков, Б.П. Состав белков семян различных сортов овса / Плешков Б.П., Седова Е.В. // Изв. ТСХА. 1968. Вып. 3. – С. 80 – 91.

243. Плющиков, В.Г. Современные подходы к реабилитации радиоактивно загрязненных территорий. / В.Г.Плющиков. // Аграрная наука. – 1996. - № 5. – С. 14 – 15.

244. Плющиков, Д.Г. О едином руководстве по ведению с/х производства на радиоактивность загрязненных территориях союзного государства. Производство экономически безопасной продукции растениеводства и животноводства / В.Г. Плющиков, С.К. Фирсакова. А.П. Поваляев. – Брянск, 2004. – С. 3-5.

245. Подоляк, А.Г. Как снизить содержание радионуклидов в кормах. / Подоляк А.Г., Арастович Т.В., Тимофеев С.Ф. // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. - № 9. – С. 20 – 21.

246. Подоляк, А.Г. Переход цезия – 137 и стронция – 90 в травостой низинных лугов на торфяно-болотных почвах. / Подоляк А.Г., Тимофеев С.Ф., Персикова Т.Ф. // Агрехимия, 2004. - № 11. – С. 63-70.

247. Подоляк, А.Г. Подбор травосмесей – эффективная мера снижения накопления радионуклидов в кормах. / А.Г.Подоляк, Т.В.Арастович, Л.Е.Одинцова, И.И.Ивашкова. // Агрехимический вестник. – 2005. - № 3. – С. 24 – 26.

248. Подоляк, А.Г. Расчет доз минеральных удобрений для кормовых угодий, загрязненных радионуклидами / Подоляк А.Г., Богдевич И.М., Одинцо-

ва Л.Е. Ивашкина И.И. // Агрехимический вестник, 2006. - № 2. – С. 21-23.

249. Подоляк, А.Г. Влияние вертикальной миграции и форм нахождения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах на их биологическую доступность на примере естественных лугов Белорусского Полесья. / А.Г.Подоляк // Агрехимия, 2007. – № 2. – С. 72 – 82.

250. Подоляк, А.Г. Радиологическая оценка защитных мероприятий, применяемых в агропромышленном комплексе Республики Беларусь в 2000 – 2005 гг. / А.Г.Подоляк, И.М.Богдевич, В.Ю.Агеец, С.В.Тимофеев. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2007. – Т. 47. - № 3. – С. 356 – 370.

251. Покровская, С.Ф. Использование осадков городских сточных вод в сельском хозяйстве / Покровская С.Ф., Касатиков В.А.// ВНИИТЭИАгропром. М., 1987. – 60 с.

252. Попова, С.И. Действие удобрений при длительном их применении на урожай полевых культур и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы. / Попова С.И., Зиганьшина Ф.М., Тараканова Н.Я. / В сб.: Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. // Труды ВАСХНИЛ. М.:Колос. 1980. – С. 140 – 159.

253. Попова, А.А. Влияние минеральных и органических удобрений на содержание тяжелых металлов в почве. / Попова А.А. // Агрехимия. – 1991. – № 3. – С. 62-69.

254. Постников, А.В. Зависимость агрохимических свойств почв от баланса питательных веществ / Постников А.В., Шафран С.А. // Химия в сельском хозяйстве. 1987. № 6. – С. 29 – 36.

255. Привалова, К.Н. Эффективность минеральных удобрений при длительном использовании пастбищных травостоев. / К.Н. Привалова, Е.С. Батищев. // Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 114. – С. 148 – 149.

256. Пристер, Б.С. Закономерности миграции радионуклидов в системе «почва-растение-животное» на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС. / Пристер Б.С. и др. // Материалы I Всесоюзного радиолог. Съезда. Тезисы докладов. Пущино. – 1989. – 507 с.

257. Пристер, Б.С. Миграция радионуклидов в почве и переход их в растения в зоне аварии на ЧАЭС / Б.С. Пристер, Н.П. Омеляненко, Л.В. Переп-

Лятникова // Почвоведение. 1990. - №10. – с. 51-60.

258. Прищеп, Н.И. Агроэкологические применения комплексных удобрений в земледелии юго-запада Нечерноземной зоны / Н.И. Прищеп. – Брянск: ТОО «Придесенье, 1994. – 96 с.

259. Прокошев, В.В. Эффективность калийных удобрений на супесчаных почвах / В.В. Прокошев, З.И. Государова // Химия в сельском хозяйстве. 1980.- № 9. – С. 18 – 20.

260. Прокошев, В.В. Влияние калийных удобрений на содержание различных форм калия в почве / В.В. Прокошев, С.С. Бордукова // Агрохимия. 1980.- № 9. – С. 18 – 20.

261. Прокошев, В.В. Агрохимия калийных удобрений (по материалам исследований на дерново-подзолистых почвах) / Прокошев В.В. Докт. Дисс. М. 1984. – 438 с.

262. Прокошев, В.В. актуальные вопросы агрохимии калийных удобрений. В.В. Прокошев // Агрохимия. 1985. № 4. – С. 32 – 41.

263. Прокошев, В.В. Калий и калийные удобрения./ Прокошев В.В., Дерюгин И.П. – М., Ледум, 2000. – 185 с.

264. Прокошев, В.В. Актуальность агрохимических исследований калийного состояния почв в географической сети опытов с удобрениями / Прокошев В.В. // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в географической опытов с удобрениями. – М., 2006. – С. 34 – 36.

265. Просянников, Е.В. Радиоэкологическая роль калийных удобрений в агросистемах, загрязненных цезием-137 / Просянников Е.В., Прищеп Н.И, Коровяковская С.О. //Совершенствование методологии агрохимических исследований. Материалы научн. конфер. – М: изд-во МГУ, 1997. – С. 152-165.

266. Протасов, Н.И. Стратегия и тактика получения экологически чистой продукции в условиях Белоруссии. / Н.И.Протасов, А.Р.Цыганов. // экологически безопасные и бесpestицидные технологии получения растительной продукции. – Пушкино, 1994. – Ч.1. – С. 22 – 24.

267. Прудников, П.В. Радиационная обстановка на почвах сельскохозяйственных угодий Брянской области / П.В. Прудников, А.А. Новиков. – Брянск.

2005. – 29 с.

268. Распопина, А.М. Влияние агротехнических факторов на состояние речной экосистемы в условиях правобережья Нижегородской области: Автореф. Дисс... канд. с.-х. наук / А.М.Распопина. – Брянск, 2009. – 21 с.

269. Ратников, А.Н. Эффективность окультуривания дерново-подзолистых почв в земледелии на радиоактивно загрязненных территориях / Ратников А.Н., Жигарев Т.Л., Петров К.В. и др. // Бюллетень ВНИИА. – 2001. – № 114. – С.151.

270. Рачинский, В.В. Атомная авария и сельскохозяйственное производство. // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1990. - № 11. – С. 172.

271. Рекомендации по ведению растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях России. / Алексахин Р.М., Ратников А.Н., Жигарева Т.Л. и др. // Москва, 1997. – 115 с.

272. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2003 – 2005 гг. / Под ред. Богдевича И.М.//Минск, 2003. – 74 с.

273. Рерих, Л.А. агрохимические аспекты поведения цезия-137 в системе почва – сельскохозяйственные растения: дисс на соиск. Уч. Ст. канд. Биол. Наук. / Рерих Л.А. – Москва, 1982. – 199 с.

274. Рогов, М.С. Научные основы создания сырьевой базы для производства искусственно высушенных кормов / М.С.Рогов // Кормопроизводство. – 1976. - № 13. – С. 49 – 58.

275. Родионова, А.В. Влияние долголетних травостоев и удобрений на плодородие почв и продуктивность пастбища / А.В. Родионова, Л.В. Мартынова // Бюллетень ВИУА. - № 114. – 2001. – С. 152 – 153.

276. Романенко, Г.А. Земельные ресурсы России, эффективность их использования. / Романенко Г.А., Комов Н.В., Тютюнников А.И. – М., 1996. – 113 с.

277. Романенко, Г.А. Корма. / Романенко Г.А., Тютюнников А.И. – М., РАСХН, 1997, 480 с.

278. Романенко, Г.А. Агропромышленный комплекс России, место в АПК мира. / Г.А.Романенко, А.Н.Тютюнников, В.Г.Поздняков, А.А.Шутков. – М.,

1999. – 273 с.

279. Ромашов, П.И. Итоги длительного опыта с удобрением культурного се-  
нокоса / Ромашов П.И., Ахламова А.М., Федорова Л.Д. // Тезисы докладов геогра-  
фической сети опытов с удобрениями. – М., 1973. – С. 49 – 51.

280. Руководство по ведению агропромышленного производства в усло-  
виях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1997 – 2000  
гг. // Под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 1997. – 76 с.

281. Рэуце, К. Борьба с загрязнением почвы / Рэуце К., Кыстя С. // М.: Агро-  
промиздат. – 1986. – 22 с.

282. Садовникова, Л.К. Влияние осадков сточных вод и извести на по-  
движность соединений тяжелых металлов в дерново-подзолистой почве / Са-  
довникова Л.К., Касатиков М.В. // Агрохимия. – 1995. - № 6. – С. 81 – 88.

283. Салихов, Л.С. Меры повышения плодородия земель в республике та-  
тарстан. / Салихов Л.С., Алиев Ш.Л.// Земледелие. – 2000. - № 4. – С. 18 – 19.

284. Санжарова Н.И. Динамика биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$  в системе  
почва-растение после аварии на Чернобыльской АЭС. / Н.И. Санжарова, С.В.  
Фесенко, Р.М. Алексахин. // Доклады Академии наук. - 1994. - № 4. - С. 564-566.

285. Санжарова, Н.И. оценка факторов, определяющих динамику загряз-  
нения  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственной продукции после аварии на ЧАЭС. // Санжа-  
рова Н.И., Фесенко С.В., Алексахин Р.М., Абрамова Т.Н., Кузнецов В.К. // Ра-  
диационная биология. Радиозэкология. – 1995. – Т. 35. Вып. 3. – С. 307 – 315.

286. Санжарова, Н.И. Радиологический мониторинг агроэкосистем и ве-  
дение сельского хозяйства в зоне воздействия атомных электростанций: Авто-  
реф. Дис... докт. Биол. наук. 06.01.04 / Санжарова Н.И. – Обнинск: ВНИС-  
ХРАЭ, 1997. – 52 с.

287. Санжарова Н.И. Формы нахождения в почвах и динамика накопле-  
ния  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственных культурах после аварии на Чернобыльской  
АЭС. / Н.И. Санжарова, С.В. Фесенко, К.Б. Лисянский, В.К. Кузнецов, Т.Н. Аб-  
рамова, В.А. Котик // Почвоведение. – 1997. - № 2. – С. 159 – 164.

288. Санжарова, Н.И. Оценка эффективности защитных мероприятий на  
почвах загрязненных радионуклидами. / Санжарова Н.И., Кузнецов В.К., Бровнин

В.И., Котик Ж.А. // Агрехимический вестник. – 1998. - № 4. – с. 22-26.

289. Саранин, К.И. Система применения удобрений и мелиорантов в растениеводстве на почвах. Загрязненных радионуклидами. / К.И. Саранин, В.Н. Шептухов, М.М. Галкина// Агрехимия. – 1999. - № 3. – С.52 – 55.

290. Селенкин, Н.Д. Агротехника многолетних трав. /Селенкин Н.Д. – Молотов: ОГИЗ, 1948. – С. 3 – 13.

291. Селянинов, Г.Т. Климатическое районирование СССР для сельскохозяйственных целей // Памяти академика Л.С.Берга. – М-Л., 1955, С.187-225. 23.

292. Семенов, Н.А. Экономические аспекты интенсификации лугового кормопроизводства / Н.А. Семенов, А.Я. Лукин, А.А. Абрамчук // Бюллетень ВИУА, 2001. - № 114. – С. 154 – 155.

293. Серебренников, А.М. Луговое кормопроизводство. / Серебренников А.М., Кокорин Л.А. – Горький: Волго-Вятское кн-е. изд-во, 1987. – 144 с.

294. Синицин, Н.В. Основы повышения продуктивности пойменных лугов Белоруссии. / Н.В.Синицин. // Кормопроизводство. – 1981. - № 10. – С. 23 – 25.

295. Сиряев, А.И. Влияние почвенных условий и удобрений на урожай культур полевого севооборота / Сиряев А.И. // Труды Уральского НИИСХ. Т. 2. – Свердловск, 1986. – С. 54-57.

296. Смян, Н.И. Оценка плодородия почв Белоруссии / Н.И. Смян, В.С. Зинченко, И.М. Богдевич // Минск, 1989. – 359 с.

297. Скроманис, А.А. Повышение плодородия почв. / Скроманис А.А., Анспок П.И. // Вестник с.-х. науки. – 1988. - № 12. – С. 53 – 56.

298. Соколов, А.В. Географические закономерности эффективности удобрений. / А.В. Соколов – М.: Знание, 1968. – С.46.

299. Соколов, М.С. Возможности получения экологически безопасности продукции растениеводства в условиях загрязнения агросферы (Экологический аспект) / М.С. Соколов // Агрехимия. – 1995. – № 7. – С. 112-127.

300. Соколов, А.В. Влияние минеральных удобрений на качественный состав кормов и плодородие почв кормовых угодий. / А.В. Соколов, С.П. Замана, Т.Г. Федоровский. // Кормопроизводство. – 2006. - № 1. – С. 26 – 29.

301. Солдатов, П.А. Влияние систем удобрений на показатели плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и продуктивность севооборота. / П.А. Солдатов, Л.П. Обручникова // Бюл. ВИУА. – 2001. - № 114. – С. 161 – 162.
302. Солодовников, А.П. Условия формирования урожайности многолетних трав и их фитомелиоративная способность. / А.П.Солодовников, Е.П.Денисов, Д.В. Говердов. // Кормопроизводство. – 2006. - № 3. – С. 14 – 19.
303. Справочник луговода. – М.: Московский рабочий, 1992. – 240 с.
304. Степаненко, А.Я. Результаты исследований по изучению севооборотов и различных систем удобрения в длительном стационарном опыте. / Степаненко А.Я. // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. – М.:»Колос», 1980. – С. 236 – 256.
305. Степанок, В.В. Влияние сочетания соединений тяжелых металлов на урожай сельскохозяйственных культур и поступление тяжелых металлов в растения / Степанок В.В. // Агротехника. – 2000. - № 1. – с.74 – 80.
306. Стокозов, И.П. Агротехническая характеристика многолетних насаждений Российской Федерации по состоянию на 1.1.1984 г. / Стокозов И.П. – М., 1985. – С.182.
307. Сычев, В.Г. Совершенствование методов оценки состояния калийного режима почв. / Сычев В.Г. // Эколого-агротехническая оценка состояния калийного режима почв и эффективности калийных удобрений: материалы науч.-практ. Конф. – М.: ЦИНАО, 2002. – С. 21 – 30.
308. Сычев, В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь / В.Г. Сычев // Москва, ЦИНАО, 2003. – 228 с.
309. Сычев, В.Г. Удобрение и защита растений картофеля в условиях радиоактивного загрязнения. / В.Г. Сычев, В.Ф. Шаповалов, Н.М. Белоус, Д.П. Шлык. // Плодородие. – 2004. - № 5. – С. 10 – 12.
310. Сычев, В.Г. Интегрированное применение удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии в Нечерноземной Европейской части России. / В.Г. Сычев, В.Ф. Ладонин, Л.М. Державин. – М.:ВНИИА, 2005. – 160 с.
311. Суков, А.А. Действие разового и дробного внесения азотного удобрения на урожайность и некоторые качественные показатели ежи сборной /

А.А. Суков // *Агрохимия*. – 1995. - № 6. – С. 47 – 52.

312. Тамов, М.Ч. Удобрение среднегорных сенокосов Северного Кавказа: автореф. Дисс.. д-ра с.-х. наук / М.Ч. Тамов // М., 2001. – 51 с.

313. Тарасевич, Г. Как оздоровить продукцию. / Г. Тарасевич // *Зеленый мир*. 1994. № 12. – С. 2 – 5.

314. Тарковский, М.И. Состояние сенокосных и пастбищных угодий и основные закономерности действия минеральных удобрений на этих угодьях в Нечерноземной зоне / М.И. Тарковский, В.Г. Сенаторова // *Труды ВИУА*. Вып. 58. – М., 1980. – с. 4 – 8.

315. Тепляков, И.Г. основные пути снижения радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции в условиях непрерывных выпадений радионуклидов и постоянного накопления их в почве. /И.Г.Тепляков, Е.А.Федорова, Г.Н.Романов. // Вторая всес. Конф. По с.-х. радиологии: тез. Докл. – Обнинск, 1984. – 108 с.

316. Технологическая инструкция по мероприятиям, снижающим содержание радионуклидов в травостое лугов и пастбищ, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС на территории Рязанской области. – Рязань: Горизонт, 1992. – 35 с.

317. Тихомирова, В.Я. Влияние агрохимических средств на содержание химических элементов в растениеводческой продукции / В.Я. Тихомирова // *Агрохимия*. – 2003. - № 12. – С. 66 – 71.

318. Толстоусов, В.П. Удобрения и качество урожая. / Толстоусов В.П. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.

319. Томин, Ю.А. К вопросу о реабилитации лугов на территории Рязанской области, подвергшейся радиоактивному загрязнению / Томин Ю.А., Медведев А.С., Зоткин В.П. // Радиологические проблемы в ядерной энергетике и при конверсии производства. XV менделеевский съезд по общей и прикладной химии. – Обнинский симпозиум, рефераты докладов. – Обнинск, 1993. Т.1. – 263 с.

320. Тонконогов, В.Д. Проблемы антропогенной эволюции подзолистых почв. / В.Д. Тонконогов // Почвы СССР. Прикладные генетико-географические аспекты исследований. – М. 1988. – С. 84 – 101.

322. Трофимова, Л.С. Влияние систем ведения долголетних сенокосов на их продуктивность, фитосанитарное состояние и плодородие почвы. / Л.С. Трофимова, М.А. Олигер, Л.С. Антонова. // Бюллетень ВИУА. – 2001. - № 114. – С.166.

323. Трубников, Ю.Н. Влияние удобрений на продуктивность многолетних трав на нечерноземных почвах Приенисейской Сибири / Ю.Н. Трубников // Кормопроизводство, 2006. – № 2. – С. 12 – 15.

324. Тулайков, Н.М. За пропашные культуры против травополья. / Тулайков Н.М. – М.: изд-во МСХ РСФСР, 1962. – с. 117.

325. Тулин, С.А. Калий на почвах, загрязненных радиоактивным цезием. / С.А. Тулин, Н.Г. Ставрова, Г.Т. Воробьев, Н.И. Прищеп, С.О. Коровяковская. // Химия в сельском хозяйстве. – 1994. - № 2. – С. 12 – 14.

326. Турсина, Т.В. Микроморфология как метод контроля и прогноза антропогенных изменений в почвах / Т.В. Турсина // Микроморфологические антропогенные изменения почв. – М. 1998. – С. 5 – 18.

327. Тюльдюков, В.А. Формирование продуктивности многолетних трав в зависимости от травосмесей, доз и соотношений минеральных удобрений / В.А. Тюльдюков, В.А. Тюлин // Агрохимия. – 1998. - № 6. – С. 60 – 67.

328. Тюльдюков, В.А. Влияние условий возделывания на качество продукции многолетних трав. / В.А. Тюльдюков, А.Д. Прудников. // Агрохимия, 1998. - № 8. – С. 33 – 39.

329. Тюрин, И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. / Тюрин И.В. – М., 1965. – 320 с.

330. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение. / Под ред. М.М. Овчаренко.// М., 1997. – 290 с.

331. Убугунов, Л.Л. Урожайность и качество трав пойменного разнотравно-злакового луга в бассейне р. Селенги в зависимости от применения мине-

ральных удобрений. / Л.Л. Убугунов, Ж. Хышигжаргал, // *Агрохимия*. – 1993. - № 3. – С. 78 – 87.

332. Убугунов, Л.Л. Продуктивность, биохимический состав и кормовая ценность трав пойменных настоящих лугов в бассейне Р. Селенги в зависимости от минеральных удобрений / Л.Л.Убугунов, Р. Баатар, Б. Энхбаяр, В.И. Убугунова // *Агрохимия*. – 1994. - № 2. – С. 205 – 206.

333. Уваров, В.В. Влияние азотных удобрений, используемых в подкормку, на мезофауну почвы, урожайность и качество сена. / Уваров В.В., Ненайденко Г.Н. // *Агрохимический вестник*, 2004. - № 6. – С. 24 – 26.

334. Уланов, А.Н. Влияние азотных удобрений на продуктивность и качество сена многолетних трав. / А.Н. Уланов, В.П. Царенко. // *Кормопроизводство*. – 2008. - № 8. – С. 11 – 14.

335. Уолтон Питер Д. Производство кормовых культур / Уолтон Питер Д. // пер. с англ. И.М. Спичкина. М.: Агропроиздат, 1986. – с. 225-226.

336. Усеня, А.А. накопление растительных остатков сельскохозяйственными культурами. / Усеня А.А., Тупик С.И., Маласай М.В. // *Земледелие*. – 1998. - № 6.

337. Усманов, Ю.А. Зеленое удобрение. / Усманов Ю.А. // Уфа: Башкиргоиздат. – 1988. – С.54.

338. Черников, В.А. Агроэкология: Учебник / Черников В.А. Алексахин Р.М. Голубев А.В. и др. Под ред. В.А. Черников, А.И. Чекереса //М.: Колос. 2000. – 536 с.

339. Черных, Н.А. Приемы снижения фитотоксичности тяжелых металлов / Н.А. Черных, М.М. Овчаренко, Л.Л. Поповичева, И.Н. Черных // *Агрохимия*. – 1995. - № 9. – С. 101 – 107.

340. Черных, Н.А. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. / Н.А. Черных, Н.З. Милащенко, Д.В. Ладонин // М., Агроконсалт, 1999. – 176 с.

341. Федюшкин, Б.Ф. Минеральные удобрения с микроэлементами / Б.Ф. Федюшкин // Л.: Химия, 1989. – 271 с.

342. Фесенко, С.В. Анализ процессов, определяющих перенос радионуклидов в агроэкосистемах / С.В. Фесенко, Н.И. Санжарова // *Микродозимет-*

рия: Сб. тр. VII совещ. Стран СНГ по микродозиметрии школы «Фундаментальные и прикладные аспекты радиационных исследований». – Суздаль, 15-20 ноября 1992 г. – М., 1993. – С.42 – 61.

343. Фесенко, С.В. Анализ факторов, определяющих снижение биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$  для включения в сельскохозяйственные пищевые цепи. / С.В. Фесенко, Р.М. Алексахин, Н.И. Санжарова, С.И. Спиридонов // Докл. РАН. – 1995. – Т. 343. - № 5. С. 715 – 718.

344. Фесенко, С.В. Статистический анализ закономерностей поведения  $^{137}\text{Cs}$  в почвах зоны аварии на Чернобыльской АЭС. / С.В. Фесенко, Н.И. Санжарова, Р.М. Алексахин, С.И. Спиридонов // Почвоведение. – 1995. - № 4. – С. 514 – 519.

345. Фесенко, С.В. Математическая модель биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$  в почвах луговых экосистем. / С.В. Фесенко, С.И. Спиридонов, Н.И. Санжарова, Р.М. Алексахин // Почвоведение. – 1997. - № 1. – С. 42 – 48.

346. Фесенко, С.В. Анализ стратегий применения защитных мероприятий в сельском хозяйстве после аварии на Чернобыльской АЭС / С.В. Фесенко, Р.М. Алексахин, М.И. Санжарова, Б.Г. Лисянский // Радиационная биология, радиоэкология – 1998. – т.38. – с. 721-736.

347. Фигурин, В.Л. Многолетние травы на пашне. / Фигурин В.Л. – М.: ЦНТИ. – 1995. – 55 с.

348. Фирсакова, С.К. Поглощение  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  луговыми растениями из дернины. / Фирсакова С.К., Гребенщикова Н.В. // Докл. ВАСХНИЛ. – 1980. - №9. – С. 19 – 22.

349. Фирсакова, С.К. Луговые биогеоценозы как критические радиологические системы и принципы ведения луговодства в условиях радиоактивного загрязнения (на примере Белорусского Полесья после аварии на ЧАЭС): дисс... д-ра биол. наук./ С.К. Фирсакова – Обнинск, 1992. – 54 с.

350. Фокин, А.Д. Роль некоторых звеньев биохимических кругооборотов в воспроизводстве плодородия пахотных почв. / Фокин А.Д. // Изв. ТСХА. – 1988. – Вып. 5. – С. 44 – 48.

351. Фридланд, Е.В. Влияние окультуривания на органическое вещество почв. / Е.В. Фридланд // Агрохимия. – 1985. - № 3. – С. 112 – 123.
352. Харкевич, Л.П. Миграция  $^{137}\text{Cs}$  по профилю почвы под влиянием минеральных удобрений и известкования. / Л.П. Харкевич // Бюлл. ВИУА. № 14. 2001. – С.172.
353. Харченко, В.Я. Влияние азотных удобрений на динамику почвенной кислотности и содержание аммония в дерново-подзолистой супесчаной почве Полесья Украины под посевом кукурузы / В.Я. Харченко // Агрохимия. 2002. № 2. – С. 13 – 16.
354. Харьков, Г.Д. Полевое травосеяние в России в свете учения В.Р.Вильямса. / Г.Д. Харьков // Кормопроизводство. – 2003. - № 11. – С. 15 – 18.
355. Хлыстовский, А.Д. Влияние разных доз удобрений на пептизируемость илистой фракции и ее минералогический состав в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве / А.Д. Хлыстовский // Агрохимия. 1988. № 3. – С. 65 – 68.
356. Чебан, В.М. Влияние длительного применения калийных удобрений на продуктивность культур полевого и кормового севооборотов на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / В.М.Чебан – М., 1987. – 19 с.
357. Чернова, Л.С. Продуктивность и качество сено многолетних трав в зависимости от условий минерального питания: автореф. Дисс. ... канд. с.-х. наук. / Л.С.Чернова. – М., 1997. – 20 с.
358. Чирков, В.П. Экологические проблемы повышения эффективности производства и использования кормов с природных сенокосов и пастбищ в нечерноземной зоне Российской Федерации / В.П. Чирков // С.-П., 1995. – 173 с.
359. Чумаченко, И.Н. Проблема фосфора в земледелии и эффективность фосфорных удобрений. / И.Н. Чумаченко // М.: ВИУА. 1970. – С.39.
360. Шагалова, Э.Д. Миграция  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в автоморфных дерново-подзолистых почвах Белоруссии. / Э.Д. Шагалова // Почвоведение, 1990. - № 10. – С. 114 – 120.

361. Шайтанов, О.Л. Влияние сортов клевера лугового на плодородие серых лесных почв. / О.Л. Шайтанов, Р.А. Шурхно // Кормопроизводство. – 2004. - № 3. С. 19 – 20.
362. Шакиров, Р.С. Системы удобрения в севооборотах. / Р.С. Шакиров // Земледелие. – 2000. - № 5. – С. 24 – 25.
363. Шакиров, Р.С. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия в республике Татарстан / Шакиров Р.С., Шамсутдинов Р.И. // Земледелие. 2006. № 1. С. 2-3.
364. Шакиров, Р.С. Биологические факторы интенсификации земледелия. / Шакиров Р.С., Асхадуллин Х.Г. // Земледелие. – 2006. - № 3. – С. 8 - 9.
365. Шаколо, И.П. Итоги работы и задачи агропромышленного комплекса Республики Беларусь. / Шаколо И.П. // В кн.: Современные проблемы повышения плодородия почв Беларуси и пути их решения. – Минск. 1998. – С. 3 – 12.
366. Шамрай, Л.А. баланс азота, фосфора, калия в первой ротации зерно-пропашного севооборота. / Л.А. Шамрай. // Агрохимия, 1988. - № 5. – С. 45 – 50.
367. Шаповалов, В.Ф. Экологическая оценка систем удобрения дерново-подзолистых песчаных почв Брянской области в определенный период после аварии на Чернобыльской АЭС: Автореф. Дис..... докт. С.-х. наук: 06.01.04. 03.00.16. В.Ф. Шаповалов; ВИУА. – Москва. – 2006. -40 с.
368. Шафран, С.А. Потери питательных веществ за счет вымывания на дерново-подзолистой почве. / С.А. Шафран, Н.А. Ваганов // Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии. – Пушкино. 1979. – С. 152 – 157.
369. Шафран, С.А. Баланс питательных веществ и прогнозирование плодородия почв. / С.А. Шафран, Ю.С. Авдеев // Агрохимический вестник, 2000. - № 1. – С. 27 – 28.
370. Шафран, С.А. Проблема азота и азотных удобрений в современном земледелии / С.А. Шафран // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в географической сети опытов с удобрениями. – М., 2006. – С. 16 – 18.

371. Шевцова, Л.К. Содержание гумуса в почвах Нечерноземья при длительном применении удобрений. / Л.К. Шевцова, Ю.А. Дробков // Почвоведение. – 1981. - № 10. – С. 113 – 119.
372. Шевцова, Л.К. Гумусное состояние и азотный фонд основных типов почв при длительном применении удобрений: автореф. Дисс. ... докт. Биол. Наук / Л.К. Шевцова. – М., 1988. – 40 с.
373. Шилова, Н.А. Действие доз и соотношений минеральных удобрений при интенсивном использовании луговых трав: автореф. Дисс. ... канд. с.-х. наук / Шилова Н.А. – М., 1985. – 19 с.
374. Шильников, И.А. Известкование лугов и пастбищ. Удобрение сенокосов и пастбищ в Нечерноземной зоне. / И.А. Шильников, С.М. Цыгуткин. // Труды ВИУА. – Вып. 58. – М., 1980. – С. 53 – 61.
375. Шишов, Л.Л. Лизиметры в почвенных исследованиях / Шишов Л.Л., Кауричев И.С., Большаков В.А. // М.: Почвенный институт им. В.В.Докучаева. 1998. – С. 264.
376. Шумаков, А.В. Почвоулучшающая способность кормовых культур. // Шумаков А.В. // Земледелие. – 2006. - № 6. С. 15.
377. Шумаков, А.В. Кормовой севооборот – основа кормовой базы. / Шумаков А.В. // Кормопроизводство. – 2006. - № 6. С. 11 – 12.
378. Шутов, В.Н. Влияние свойств почвы на поступление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в естественные травы. / В.Н. Шутов, Т.А. Беляшова, Л.Н. Басалаева, Г.Я. Брук. // Почвоведение. – 1993. - № 8. – С. 67 – 71.
379. Щеглов, А.И. Биохимия техногенных радионуклидов в лесных экосистемах / А.И. Щеглов. – М.: Наука. – 2000. – 272 с.
380. Щербакова, Л.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ. / Щербаков Л.П., Рудай И.Д. – М.: Колос, 1983. – 189 с.
381. Щербаков, М.В. Эффективность перезалужения сеяных лугов на мелиорированных землях. Приемы создания и использования высокопродуктивных сенокосов и пастбищ. / М.В. Щербаков, М.Г. Шафран // М., 1986. – С. 68 – 74.

382. Юдинцева, Е.В. К вопросу о прогнозировании уровня загрязнения урожая цезием-137. / Юдинцева Е.В., Левина Э.М., Кожемякина Т.А. // Агрохимия. – 1981. - № 12. – С. 93- 98.

383. Юдинцева, Е.В. Снижение содержания радиоактивных веществ в продукции растениеводства. / Е.В. Юдинцева. – М.: ВО «Агропромиздат», 1989. – С. 39 – 40.

384. Яговенко, Л.Л. Гумусное состояние почв в севооборотах с люпином / Яговенко Л.Л. // Плодородие. – 2007. -№ 5. – С. 17-18.

385. Ягодин, Б.А. Биохимические аспекты влияния тяжелых металлов на беспозвоночных животных /Ягодин Б.А., Говорина В.В.,Виноградова С.Б. // Агрохимия. – 1997. - № 6. – С. 80-91.

386. Bell., Bates T.H. Distribution coefficients of radionuclides between soils groundwaters and their derendence test parameters// Sci. Total Environ. 1998. # 69. P. 297 – 317.

387. Benton J. The true value of the tests day not lie in fertilizer recommendations.// Agrichem. Age. 1984. V. 27. № 4. P. 33 – 34.

388. Bunzl K., Kracke W., Agarkina C.I., Tikhomirov A., Chcheglov A.I. Association of Chernobyl-derived  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  wint different molecular size fractions of organic matter in the sol solution of two grassland soils. Radiation and Environmental Biophysics, 1998, Vol. 37, P. 195 – 200.

389. Evans E.J., Dekker A.J. Fixation and release of caesium-137 in soils and soil separates // Canadian Journal of Soil Science, 1966, Vol 46, No 3, p. 217 – 222.

390. Facex Z. Slumus a pudni vlostnosti. – Roctlinna vyroba, 1982, r. 28, c.3, s. 305 – 314.

391. Hove K. Chemical methods for reduction of the transfer of radionuclides to farm animals in semi-natural environments. Sci. Total Environ., 1993, v. 137, N 1/3, h. 235 – 248.

392. Ivanov Yu. A., Lewyckyj N., Levchuk S.E., Prister B.C., Firsakova S.K., Arhipov N.P., Kruglov S.V., Alexakhin R.M., Sandall J., Askbrant S. Migration of

$^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  from Chernobyl fallout in Ukrainian, Belarussian and Russian Soils. J. Environ. Radioactivity, 1997, v. 35, N 1, p. 1 – 21.

393. Knowless R. Denitrification // Microbiol/ rev. – 1982. – vol. 46. – N 1. – p. 43 – 70.

394. Rafferty B., Dabson D.E., Coigan P.A. Assessment of the of soil adhesion in the transfer  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{40}\text{K}$  to pasture grass. The Sci. of the Tol. Env., 1994, v. 145, p. 135 – 141.

395. Report, A. Or the 1994 chernobyl Sasakawa Project Workshop / Report A. // May 16-17. Moskow – japan: Sasakawa Memorial Рудед Fonndation, 1994, 132 p.

396. Reuter G. Zwanzig yahre Roctocker Dauerversuche zur Humusbildung im Baden Mitteilung der Humusgehalte. Arch. Acker. U. Pflanzenban u Bodenkd. Berlin, 1981. Bd. 25. H. 5. s. 277 – 285.

397. Sanzarova N.I., Fesenko S.V., Kotik V.A., Spiridonov S.I. Behaviour of radionuclides in meadows and effincy of countermeasures. Radiation Protection Dosimetry, vol. 64, N 1/ 2, 1996, p. 183 – 198.

398. Schulz R.K., Overstreet R. and Barshad I. On the soil chemistry of cesium-137 // Soil Sci., 1960, Vol. 89. nol, p. 16 – 27.

399. Uhliar I. Vliv svysevanic davoc ducikataho hnojenja na produciu a kvaliti knety kraej repky. Sv. Silona Rostl. Vyrovcs. R. 17, c. 6, 1971, S. 657 – 664.

400. Vidal M., Rauret G. Preduction capacity of sequential extraction scheme. J. Radioanalytiol and Nuclear Cher., Articles. 1994. V. 181. P. 85.

401. Wilkins B.T., Hovard B.J., Desmer G.M. Strategits for deploument of agricultural countermeasures. Sci. of the Total Environ., 1993, v. 137, p. 183 – 198.

402. Willdrot C. Agrotechnical countermeasures to be applied before and during deposition of radioactive gallout. Sci. Total Environ, 1993, v/137, N 1 – 3, p. 21 – 29.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

Предельные сроки затопления для основных видов многолетних трав в поймах рек (Рекомендации по повышению продуктивности..., 1994)

| Вид трав                  | Предельная продолжительность<br>Затопления, сутки |
|---------------------------|---|
| Райграс высокий           | 3-5   |
| Ежа сборная               | 5-7   |
| Люцерна:<br>синегибридная | 5-10  |
| желтая                    | 20-30   |
| Клевер:<br>луговой        | 10-20   |
| гибридный                 | 20-30   |
| горный                    | 20-25   |
| ползучий                  | 10-20   |
| Лядвенец рогатый          | 20-30   |
| Овсяница:<br>красная      | 10-20   |
| луговая                   | 20-30   |
| тросниковая               | 20-25   |
| Мятлик:<br>Луговой        | 20-30   |
| Болотный                  | 20-30 (40)  |
| Тимофеевка луговая        | 20-30 (40)  |
| Чина луговая              | 10-25   |
| Мышинный горошек          | 30-45   |
| Кострец безостый          | 30-50   |
| Лисохвост луговой         | 45-50   |
| Пырей ползучий            | 50-75   |
| Двукосточник тростниковый | 45-75   |
| Бекмания обыкновенная     | 75-100  |

Приложение 2

Сорта многолетних трав, рекомендуемые для пойменных травостоев

| Вид трав                                   | Сорт   | Предельная продолжительность затопления, сутки |
|--|--|--|
| 1  | 2  | 3  |
| Люцерна<br>синегибридная<br>желтогибридная | Минусинская 81   | 15   |
|  | Минусинская 425  | 25-30  |
| Клевер:<br>Луговой                         | Минусинский 150, Дединовский 5,,<br>Местные сорта, Хлебниковский,<br>Грибановский, Вадский,<br>Варнавинский, Краснобаковский,<br>Павловский 16   | 20   |
| гибридный                                  | Северодвинский 326, Дединовский 12<br>Даубяй, Марусинский 488  | 20-25  |
| Лядвенец рогатый                           | Дединовский, Московский 25   | 24   |
| Ежа сборная                                | Дединовская 4, Моршанская 143,<br>Ленинградская 853, Хлыновская  | 25   |
| Пырей<br>бескорневищный                    | Марусинский 996, Павловский  | 20   |
| Овсяница луговая                           | Моршанская 1304, Моршанская 4,<br>Свердловская 39, Дединовская 8,<br>Йыгева 47, Северодвинская 130   | 20-25  |
| Тимофеевка<br>луговая                      | Белорусская 1308, Дединовская,<br>Белорусская местная, Казанская,<br>Марксинская 297, Ленинградская 204,<br>Моршанская 1395, Северодвинская<br>18, Павловская, Моршанская 69,<br>Волна | 50   |
| Кострец безостый                           | Моршанский 760, Моршанский 312,<br>Донской местный, Павловский 22/05,<br>Казаровичский, Дединовский 3,<br>Факел 89   | 25-35  |
| Пырей ползучий                             | Донской  | 50   |
| Лисохвост<br>луговой                       | Северодвинский 146, Приекульский<br>40   | 40   |
| Двукосточник<br>тросниковый                | Приокский  | 60   |

|                       |                 |       |
|-----------------------|-----------------|-------|
| Бекмания обыкновенная | Донская         | 100   |
| Мятлик луговой        | Йыгева 1, Данга | 10-20 |
| Люцерна желтая        | Деиновская      | 20    |

Приложение 3

Нормы высева семян луговых трав при 100%-ной хозяйственной годности для беспокровного чистого посева на корм

| Вид трав                      | Норма высева при посеве, кг/га |         | Средняя масса 1000 семян, г | Хозяйственная годность семян по ГОСТУ (класс), % |        |
|-------------------------------|--------------------------------|---------|-----------------------------|--|--------|
|                               | разбросном                     | рядовом |                             | первый   | второй |
| 1                             | 2                              | 3       | 4                           | 5  | 6      |
| Клевер:                       |                                |         |                             |  |        |
| луговой одноукосный           | 12                             | 10      | 1,71                        | 88   | 77     |
| луговой двуукосный            | 13                             | 11      | 1,80                        | 88   | 77     |
| гибридный                     | 11                             | 11      | 0,73                        | 78   | 67     |
| ползучий                      | 10                             | 10      | 0,69                        | 78   | 68     |
| Люцерна синяя и синегибридная | 15                             | 12      | 1,95                        | 88   | 82     |
| Лядвенец рогатый              | 15                             | 10      | 0,95                        | 82   | 70     |
| Тимофеевка луговая            | 14                             | 12      | 0,42                        | 87   | 81     |
| Овсяница луговая              | 25                             | 18      | 1,85                        | 87   | 78     |
| Ежа сборная                   | 20                             | 18      | 1,20                        | 86   | 72     |
| Райграс:                      |                                |         |                             |  |        |
| пастбищный                    | 25                             | 18      | 2,10                        | 77   | 78     |
| высокий                       | 28                             | 20      | 2,70                        | 86   | 68     |
| Лисохвост                     | 20                             | 16      | 0,80                        | 77   | 60     |
| Кострец безостый              | 28                             | 20      | 3,50                        | 86   | 72     |
| Двукосточник тростниковый     | 12                             | 10      | 0,80                        |  |        |
| Бекмания обыкновенная         | 12                             | 10      | 0,75                        |  |        |
| Полевица белая                | 11                             | 9       | 0,15                        | 84   | 64     |
| Мятлик луговой                | 15                             | 12      | 0,25                        | 71   | 55     |
| Овсяница красная              | 22                             | 18      | 1,10                        | 82   | 72     |

***Краткая ботаническая характеристика трав, возделываемых в опыте***

**Двукосточник тростниковый – *Phalaroides arundinacea* (L.) Rausch. (Канареечник тростниковый).** Многолетний корневищный верховой злак озимого типа высотой от 1 до 2,5 м. Корневая система мощная глубиной до 3 м. Листья длинные, светло-зеленые, по краям и снизу шероховатые. Соцветие – сжатая колосовидная метелка с короткими ветвями, зеленая или с фиолетовым оттенком, длиной до 20 см.

Растение влаголюбивое, однако хорошо переносит засуху, выдерживает затопление полыми водами до 50 дней и более. Устойчив к морозам и весенним заморозкам. К почве нетребователен. В поймах рек часто образует чистые заросли.

Хорошее кормовое растение. В 100 кг содержится 47,5 корм. ед. и 4,7 кг переваримого протеина, в 100 кг травы – соответственно 14,3 и 2,5.

Плохо переносит стравливание и вытаптывание. При посеве полного развития достигает на второй-третий год и держится в травостое пять-шесть лет и более. Трогается в рост очень рано и растет быстро; дает высокие урожаи зеленой массы одновременно с озимыми культурами на ранний зеленый корм и может их заменять.

**Кострец безостый – *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub (костер безостый).** Многолетний корневищный верховой злак озимо-ярового типа развития высотой 80 – 150 см. Корневая система мощная, корни достигают глубины 2 м и более. Образует большое количество удлиненных, хорошо облиственных вегетативных побегов. Листья широколинейные, слегка шероховатые или голые. Соцветие – большая раскидистая метелка с зелеными, иногда красноватыми продолговатыми колосками; колоски безостые, иногда с очень короткими остями.

Выдерживает затопление полыми водами до 45 дней, холодостоек. В поймах рек, а также на залежах часто образует чистые заросли.

Одно из наиболее ценных кормовых растений на сенокосах и пастбищах. В 100 кг сена с посевов ковра безостого содержится 57,2 корм. ед. и 5,9 кг переваримого протеина, в 100 кг травы – соответственно 29,3 и 3,0.

Полного развития достигает на второй – третий год и держится в травостое более десяти лет. Весной трогается в рост рано, давая большое количество зеленого корма; может заменять озимые культуры, возделываемые на зеленый корм. Хорошо отрастает после скашивания и стравливания

**Лисохвост луговой – *Alopecurus pratensis* L.** Многолетний корневищно-рыхлокустовой верховой злак озимо-ярового типа развития высотой 70 – 120 см. Корни проникают на небольшую глубину. Стебли прямостоячие или приподнимающиеся, мягкие, обильно облиственные, с большим количеством длинных прикорневых листьев, по массе листья несколько преобладают над стеблями. Соцветие – султан.

Хорошо выдерживает длительное (до 30 – 45 дней) затопление, но не переносит застойных вод. Страдает от засухи, морозостоек, устойчив к весенним заморозкам и ледяной корке, теневынослив.

Ценное кормовое растение. В 100 кг сена содержится в среднем 47,7 корм. ед., 5,1 кг переваримого протеина и 10 г каротина, в траве пастбища - соответственно 23,2; 2,7 и 40.

Ранний злак, с весны быстро растет, дает ранний зеленый корм на пастбище. Полного развития достигает на третий год после посева, держится в травостоях до десяти лет. Хорошо, но медленно отрастает после скашивания и стравливания.

**Овсяница луговая – *Festuca pratensis* Huds.** Многолетний рыхлокустовой полуверховой злак озимого типа развития. Корневая система мочковатая, проникает глубже 1 м, но распределяется в основном в слое почвы до 20 – 25 см. Стебли гладкие, слабооблиственные, прямостоячие, высотой от 30 до 120

см, с большим количеством прикорневых листьев и хорошо облиственных вегетативных побегов. Соцветие- метелка длиной до 20 см.

Весной трогаются в рост рано, хорошо отрастают после скашивания и стравливания. Держится в травостое шесть – восемь лет и более. Хорошо переносит осенние заморозки и затопление полыми водами до 25 дней.

В фазе цветения в 100 кг травы содержится 26,3 корм. ед. и 2,2 кг переваримого протеина.

**Тимофеевка луговая - *Phleum pratense* L.** Многолетнее рыхлокустовое растение ярового и ярово-озимого типа развития с мощной мочковатой корневой системой, сосредоточенной главным образом в верхних горизонтах почвы. Стебли цилиндрические, прямостоячие или коленчатоизогнутые в нижних междоузлиях, высотой 60...100 см и более. Образует много хорошо облиственных удлиненных вегетативных побегов, листья составляют 60...65% общей массы. Соцветие – султан цилиндрической формы с округлопритупленной верхушкой, длиной до 20 см.

Плохо выносит засуху, требовательна к влаге. Выносит затопление до 40 дней.

В посевах полного развития достигает на второй год жизни и держится от четырех до шести лет и более.

Хорошее кормовое растение. Содержит в 100 кг сена, убранного в период цветения, 40,5 корм. ед. и 4,1 кг переваримого протеина, в траве – соответственно 28,8 и 1,7. Своевременно убранное и хорошо высушенное сено богато каротином и витамином С.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                |   |           |
|----------------|---|-----------|
|                | <b>ВВЕДЕНИЕ</b>   | <b>3</b>  |
| <b>Глава 1</b> | <b>ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ МЕСТА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>   | <b>6</b>  |
| 1.1            | Агроклиматические условия   | 6         |
| 1.2            | Современное состояние лугового кормопроизводства  | 14        |
| 1.3            | Характеристика основных типов почв лугов и пастбищ  | 17        |
| <b>Глава 2</b> | <b>ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛУГОВ</b>   | <b>19</b> |
| 2.1            | Влияние минеральных удобрений на ботанический состав лугопастбищного фитоценоза                               | 29        |
| 2.2            | Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность зеленой массы многолетних трав        | 31        |
| 2.3            | Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на урожайность сена многолетних трав                 | 38        |
| <b>Глава 3</b> | <b>ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АГРОПРИЕМОМ НА КАЧЕСТВО СЕНА ЛУГОПАСТБИЩНЫХ ТРАВ</b>                                     | <b>44</b> |
| 3.1            | Агроэкологические факторы в кормопроизводстве   | 44        |
| 3.2            | Влияние удобрений на качество многолетних трав  | 47        |
| 3.3            | Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на элементный состав сена многолетних трав           | 55        |
| 3.4            | Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на качественные показатели сена многолетних трав     | 59        |
| 3.5            | Влияние минеральных удобрений на аминокислотный состав сена многолетних трав                                  | 64        |
| 3.6            | Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание $^{137}\text{Cs}$ в зеленой массе трав | 66        |

|                |  |            |
|----------------|--|------------|
| 3.7            | Влияние способов обработки почвы и минеральных удобрений на содержание $^{137}\text{Cs}$ в сене многолетних злаковых травосмесей | 70         |
| <b>Глава 4</b> | <b>ВЛИЯНИЕ ОСАДКА СТОЧНЫХ ВОД НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕНА МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ</b>  | <b>73</b>  |
| 4.1            | Сельскохозяйственное производство как фактор накопления и перераспределения тяжелых металлов в почве                             | 77         |
| 4.2            | Действие осадка сточных вод и известкования на продуктивность многолетних трав   | 79         |
| 4.3            | Действие осадка сточных вод и известкования на содержание элементов минерального питания в сене многолетних трав                 | 81         |
| 4.4            | Действие осадка сточных вод и известкования на качество сена многолетних трав  | 82         |
| 4.5            | Действие осадка сточных вод и известкования на содержание тяжелых металлов в сене многолетних трав                               | 83         |
| 4.6            | Влияние осадка сточных вод и известкования на удельную активность $^{137}\text{Cs}$ в сене многолетних трав                      | 84         |
| <b>Глава 5</b> | <b>ВЛИЯНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА СВОЙСТВА ПОЧВЫ</b>  | <b>86</b>  |
| 5.1            | Динамика агрохимических показателей почвы под воздействием многолетнего злакового ценоза   | 108        |
| 5.2            | Влияние минеральных удобрений и способов обработки почвы на баланс элементов питания в агробиоценозе                             | 11         |
| 5.3            | Вертикальная миграция $^{137}\text{Cs}$ по профилю почвы в луговом агрофитоценозе  | 118        |
| <b>Глава 6</b> | <b>СПОСОБЫ РЕАБИЛИТАЦИИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ</b>  | <b>129</b> |
| 6.1            | Радиационная обстановка в Брянской области   | 132        |
| 6.2            | Поведение $^{137}\text{Cs}$ в системе «почва – растение»   | 138        |
| 6.3            | Агрохимические мероприятия   | 146        |
| 6.4            | Агротехнические мероприятия  | 150        |

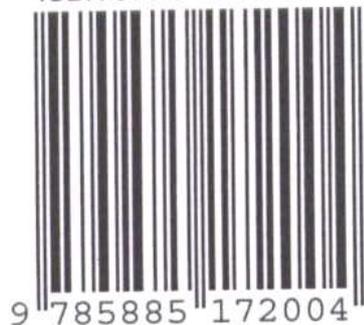
|            |  |            |
|------------|--|------------|
| <b>6.5</b> | <b>Технологии реабилитации пойменных кормовых угодий, загрязненных радионуклидами</b>  | <b>154</b> |
| 6.5.1.     | Получение нормативно чистых кормов на естественных кормовых угодьях, загрязненных радионуклидами без проведения культуртехнических мероприятий                                   | 155        |
| 6.5.2.     | Технология поверхностного улучшения пойменных естественных кормовых угодий без повреждения дернины с помощью гербицида сплошного действия на основе глифосфата (раундап, ураган) | 157        |
| 6.5.3.     | Технология поверхностного улучшения радиоактивно загрязненных лугов  | 158        |
| 6.5.4.     | Технология коренного улучшения радиоактивно загрязненных пойменных лугов   | 161        |
|            | <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>  | <b>164</b> |
|            | <b>ЛИТЕРАТУРА</b>  | <b>166</b> |
|            | <b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>  | <b>208</b> |

Монография

Харкевич Людмила Петровна  
Белоус Игорь Николаевич  
Анишина Юлия Александровна

Реабилитация  
радиоактивно загрязненных  
сенокосов и пастбищ

ISBN 978-5-88517-200-4



Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 15.07.2011 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 12,70. Тираж 1000 экз. Изд. № 1993.

---

Издательство ФГОУ ВПО «Брянской государственной

сельскохозяйственной академии».  
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино,  
ФГОУ ВПО «Брянская ГСХА»