

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

ЧЕСАЛИН
СЕРГЕЙ ФЕДОРОВИЧ

АГРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КОРМОПРОИЗВОДСТВА
В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИИ
ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОГО РЕГИОНА РОССИИ

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ: 06.01.04 – АГРОХИМИЯ

ДИССЕРТАЦИЯ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК

НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ:
ДОКТОР СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК,
ПРОФЕССОР Н.М. БЕЛОУС

БРЯНСК – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	15
1.1. Физико-географическая характеристика территории Брянской области ...	15
1.2. Радиоэкологическая обстановка на территории Брянской области	42
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	50
ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР	61
3.1. Влияние минеральных удобрений на урожайность многолетних трав и их окупаемость прибавкой урожая.....	64
3.2. Реализация потенциала продуктивности мятликовых кормовых культур в зависимости от почв и минеральных удобрений.....	100
3.3. Влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы смешанных посевов полевых кормовых культур	108
3.4. Влияние бобового компонента на урожайность смешанных посевов кормовых культур	113
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО КОРМОВ ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ	122
4.1. Влияние минеральных удобрений на биохимические показатели воздушно-сухой массы кормовых культур.....	122
4.2. Влияние минеральных удобрений на элементный состав воздушно-сухой массы кормовых культур	133
4.3. Роль минеральных удобрений в биологическом выносе элементов питания из почвы посевами кормовых культур	142
ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРМОВ И ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ЗАПАДА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	157
5.1. Риск получения кормов не соответствующих нормативам по содержанию ¹³⁷ Cs в условиях юго-запада Брянской области	157
5.2. Влияние минеральных удобрений на накопление ¹³⁷ Cs кормовыми культурами	161
5.3. Биовынос ¹³⁷ Cs из почвы кормовыми культурами в зависимости от доступности почвенной влаги и минерального питания.....	183
5.4. Влияние минерального удобрения при возделывании кормовых культур на радиоэкологические показатели территории юго-запада Брянской области...	194
ГЛАВА 6. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ КОРМОВЫХ УГОДИЙ	208
6.1. Современное состояние плодородия почв Брянской области	208
6.2. Почвенно-агрохимическая характеристика территории исследований ...	214
6.3. Агрохимические показатели плодородия почв поймы р. Ипуть.....	220
6.4. Содержание микроэлементов в аллювиальных почвах поймы р. Ипуть.....	223
6.5. Распределение ¹³⁷ Cs в аллювиальных почвах поймы р. Ипуть.....	230
ГЛАВА 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР.....	236
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	243
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	251
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	291

[illegible]

Приложение 14. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	305
Приложение 15. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	306
Приложение 16. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований.....	307
Приложение 17. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	308
Приложение 18. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	309
Приложение 19. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	310
Приложение 20. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	311
Приложение 21. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	312
Приложение 22. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований.....	313
Приложение 23. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	314
Приложение 24. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований.....	315
Приложение 25. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы ежи сборной в зависимости от уровня полного минерального питания	316
Приложение 26. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня полного минерального питания...	317
Приложение 27. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня полного минерального питания	318

Приложение 28. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня полного минерального питания	319
Приложение 29. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня полного минерального питания	320
Приложение 30. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня полного минерального питания	321
Приложение 31. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы ежи сборной в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	322
Приложение 32. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	323
Приложение 33. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	324
Приложение 34. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы люпина желтого в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	325
Приложение 35. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы овса посевного в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	326
Приложение 36. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы райграса однолетнего в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	327
Приложение 37. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы суданской травы в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	328
Приложение 38. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы проса в зависимости от доз калийного минерального удобрения..	329
Приложение 39. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы люцерны изменчивой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания.....	330
Приложение 40. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы костреца безостого в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	331
Приложение 41. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы тимopheевки луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания.....	332
Приложение 42. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	333
Приложение 43. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	334

Приложение 44. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	335
Приложение 45. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы люпина желтого в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	336
Приложение 46. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы овса посевного в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	337
Приложение 47. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы райграса однолетнего в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	338
Приложение 48. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы суданской травы в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	339
Приложение 49. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы проса посевного в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	340
Приложение 50. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы люцерны изменчивой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания.....	341
Приложение 51. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы костреца безостого в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	342
Приложение 52. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности воздушно-сухой массы тимopheевки луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания.....	343
Приложение 53. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований.....	344
Приложение 54. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	345
Приложение 55. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	346
Приложение 56. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	347
Приложение 57. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	348

Приложение 58. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований	349
Приложение 59. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	350
Приложение 60. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	351
Приложение 61. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	352
Приложение 62. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	353
Приложение 63. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	354
Приложение 64. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований	355
Приложение 65. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня полного минерального питания.....	356
Приложение 66. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня полного минерального питания	357
Приложение 67. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня полного минерального питания	358
Приложение 68. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания.....	359
Приложение 69. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	360
Приложение 70. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	361

Приложение 71. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы люпина желтого в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	362
Приложение 72. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы овса в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	363
Приложение 73. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы райграса однолетнего в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	364
Приложение 74. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы суданской травы в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	365
Приложение 75. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы проса в зависимости от доз калийного минерального удобрения.....	366
Приложение 76. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы люцерны изменчивой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания.....	367
Приложение 77. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы костреца безостого в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	368
Приложение 78. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы тимopheевки луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания	369

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Научно-обоснованное ведение кормопроизводства – основа ускоренного развития сельского хозяйства России. Занимая более 1/4 территории РФ, кормопроизводство, как неотделимая часть растениеводства, является важнейшим стабилизирующим фактором продуктивности и устойчивости агроландшафтов в целом. При этом необходимо не только успешное и стабильное развитие лугового, но и полевого кормопроизводства, на основе которого будет совершенствоваться структура посевных площадей пашни (Косолапов, 2009; Косолапов и др., 2012; 2014; Шпаков, 2014; Шпаков и др., 2016; Трофимов и др., 2018).

Особую актуальность ведение кормопроизводства приобретает в условиях радиоактивного загрязнения территории (Алексахин и др., 1999; Просянкин и др., 2000; Аверин, Подоляк, 2010; Санжарова, 2010; Белоус, 2016; Панов и др., 2019). Проведение исследований, направленных на изучение продуктивности кормовых культур и качества получаемой продукции, позволяющих в условиях радиоактивного загрязнения аллювиальных и дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава научно обосновать применение минерального удобрения. В связи с этим необходимо использовать максимально адаптированные технологии возделывания одновидовых и смешанных посевов бобовых и мятликовых кормовых культур, полученные корма из которых соответствуют нормативам по содержанию ^{137}Cs , что весьма актуально.

Степень разработанности темы. В России и странах ближнего зарубежья, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, имеется определенный положительный опыт применения защитных мероприятий при производстве кормов в условиях радиоактивно загрязненных кормовых угодий. Однако дальнейшего совершенствования и разработки требуют многие теоретические и практические вопросы.

Недостаточно изучена роль отдельных элементов, их сочетаний на повышение урожайности и снижения накопления ^{137}Cs массой травостоя в условиях луговых и полевых агроценозов.

Вопросы изменения агрохимических параметров аллювиальных почв, распределение радионуклидов по профилю почв в зависимости от локации в пойменном ландшафте недостаточно изучены.

Цель исследований – научно обосновать применение минерального удобрения при возделывании одновидовых, гетерогенных посевах кормовых культур на зеленую и воздушно-сухую массу, показать наиболее продуктивные кормовые культуры, их смеси, качество кормов, получаемых в условиях радиоактивного загрязнения луговых и полевых ценозов в 20-30 летний период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Для достижения цели решался комплекс задач:

- установить результативность минерального удобрения, роль элементов питания в повышении урожайности кормовых культур, гетерогенных посевов в условиях лугового и полевого агроценозов;
- провести всестороннюю оценку адаптивных свойств мятликовых кормовых культур по параметрам экологической стабильности, пластичности, влияния на них минеральных удобрений в условиях юго-запада Брянской области, используя критерий «урожайность»;
- обосновать выбор компонентов для смешанных посевов;
- выявить значение минерального удобрения в изменении биохимических показателей, элементного состава различных кормовых культур лугового и полевого агроценозов;
- определить биологический вынос элементов питания из почвы посевами кормовых культур при внесении минерального удобрения;
- определить риск производства кормов в условиях юго-западной части Брянской области не соответствующих допустимому уровню содержания ^{137}Cs ;
- выявить эффективность минерального удобрения, роль элементов питания в снижении удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых культур, смешанных посевов в условиях лугового и полевого агроценозов;

- определить биологический вынос ^{137}Cs из почвы кормовыми культурами в связи с минеральным питанием и доступностью почвенной влаги;
- раскрыть значение минерального удобрения в ограничении перехода ^{137}Cs по трофической цепи;
- установить тенденции изменения почвенного плодородия территории исследования;
- оценить современное состояние естественного плодородия почв поймы реки Ипуть;
- выявить изменение содержания микроэлементов в аллювиальных почвах поймы;
- определить миграцию ^{137}Cs в аллювиальных почвах;
- установить эффективность минерального удобрения при возделывании кормовых культур в условиях лугового и полевого агроценозов.

Научная новизна. Впервые при возделывании кормовых культур в луговом и полевом агроландшафтах в зависимости от условий окружающей среды, в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС, проведена комплексная оценка результативности минерального удобрения.

Выявлена роль элементов минерального питания в системе удобрения в повышении продуктивности и снижении удельной активности ^{137}Cs зеленой и воздушно-сухой массой кормовых культур лугового и полевого кормопроизводства.

В отдаленный период после аварии на ЧАЭС определены параметры миграции ^{137}Cs по почвенному профилю в зависимости от подсистемы поймы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлены закономерности и тенденции изменения продуктивности, качества продукции кормопроизводства, полученной на радиоактивно загрязнённых луговых, полевых агроландшафтах в зависимости от вида кормовой культуры и доз минерального удобрения. Результаты исследований служат теоретической основой для разработки адаптивных технологий возделывания кормовых культур луговых и полевых агроценозов, позволяющих получать нормативно «чистые» корма при снижении затрат калийных удобрений по сравнению с рекомендованными ранее.

Установлена возможность использования луговых и полевых агроландшафтов с плотностью загрязнения более 555 кБк/м^2 в качестве кормовых угодий для получения молока с допустимым уровнем загрязнения ^{137}Cs в зависимости от уровня минерального питания.

Методология и методы диссертационного исследования. Методология научно-исследовательской работы была основана на концепции альтернативного пути развития современного кормопроизводства. Представленные в научных публикациях материалы теоретической и экспериментальной направленности по вопросам кормопроизводства использовали при разработке программы исследования. Экспериментальные данные, полученные в полевых исследованиях и лабораторных анализах стали основой диссертационной работы. Полевые исследования и лабораторные анализы проводили по общепринятым методикам, полученные результаты обрабатывали по средствам математической статистики.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Результативность минерального удобрения в повышении продуктивности кормовых культур, качества кормов и адаптации кормовых угодий к условиям юго-запада Брянской области.
2. Возможный риск получения продукции кормопроизводства, не соответствующей допустимому уровню содержания ^{137}Cs , в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС на территории юго-западной части Брянской области и роль минерального удобрения в возвращении радиоактивно загрязнённых лугов и пашни в сельскохозяйственный оборот.
3. Снижение перехода ^{137}Cs из продукции кормопроизводства в продукцию животноводства при применении защитных мероприятий на радиоактивно загрязненной территории юго-запада Брянской области.
4. Изменения параметров плодородия почвы во времени. Распределение ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы в зависимости от условий почвообразования.
5. Эффективность использования минеральных удобрений при возделывании кормовых культур в луговых и полевых ценозах.

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается наличием большого экспериментального материала, достоверность которого подтверждается полевыми и лабораторными исследованиями с использованием современных лабораторных методов анализа, статистической обработкой данных и программного обеспечения. Полученные результаты исследований опубликованы в широкой печати и внедрены в практику сельскохозяйственного производства региона.

Апробация работы. Основные результаты исследований, вошедшие в диссертацию, были доложены автором и получили одобрение на международных, всероссийских конференциях и симпозиумах: «Инновационные технологии – в практику сельского хозяйства» (Киров, 2019), «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2016, 2018, 2019), «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения» (Горки, 2019), «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий» (Новосибирск, 2018), «Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» (Рязань, 2017), «Селекция гибридов кукурузы для современного семеноводства» (Белгород, 2016), «Чернобыль: 30 лет спустя» (Гомель, 2016), «Актуальные проблемы экологии, агрохимии и почвоведения в XXI веке» (Брянск, 2012).

По теме диссертации опубликовано: 41 научная работа в научных изданиях, сборниках и материалах всероссийских и международных конференций, в том числе 19 статьях, опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Личное участие автора в получении научных результатов состоит в определении цели, задач исследований, в проведении экспериментально-полевых и лабораторных работ, сборе и обработке экспериментальных данных, их анализе, формулировании основных положений, выводов, подготовке научных статей, диссертации, автореферата, что составляет более 90%.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 369 страницах машинописного текста, состоит из введения, 7 глав, заключения, рекомендаций производству, списка используемой литературы, приложений. Работа содержит 97

таблиц, 19 рисунков. Использовали 353 источника литературы, из них 45 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает признательность научному консультанту, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Николаю Максимовичу Белоусу за ценные советы, за наставления и консультации в периоды подготовки и проведения научных исследований; докторам сельскохозяйственных наук Виктору Федоровичу Шаповалову и Людмиле Петровне Харкевич за ценные советы, замечания и неоценимую помощь в написании научной работы и помощь в проведении научных исследований. А также коллективу Центра коллективного пользования научным оборудованием при Брянском ГАУ за помощь в проведении лабораторных анализов.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

1.1. Физико-географическая характеристика территории Брянской области

Брянская область находится в Европейской части России в Юго-Западной части Центрального района, её общая площадь – 34,9 тыс. км². Со Смоленской и Калужской областями она граничит на севере, с Орловской и Курской областями – на востоке, с Украиной и Республикой Беларусь – на юго-западе (Природное районирование..., 1975).

На территории области доминирует равнинный рельеф, который на востоке и по правобережью Десны и Судости – расчлененный, местами возвышенный (Антыков, 1958).

Территория Брянской области располагается преимущественно в подзоне широколиственных лесов и хвойно-широколиственных лесов, которые находятся в лесной зоне. Поэтому здесь преобладают дерново-подзолистые и серые лесные почвы разного гранулометрического состава (Антыков, 1958).

Почвообразующие породы, рельеф, различная дренированность местности сглаживают влияние зональные особенности почвенно-растительного покрова. Это выражается на распределение по территории сельскохозяйственных земель и их качество (Воробьев, 1993).

Брянская область относится к трем крупным геоморфологическим регионам. Северные и северо-западные районы относятся к южной периферии обширной ледниковой провинции Русской равнины. Подавляющая часть области входит в состав провинции ледниково-аллювиальных низменностей и эрозионных возвышенностей, формировавшихся по периферии днепровского оледенения и вне его. Восточная часть области располагается в пределах западного склона Среднерусской возвышенности (Природное районирование..., 1975).

Брянская область находится в Атлантико-континентальной климатической области, лето теплое, зима умеренно холодная, с достаточным увлажнением. Годовая сумма радиации увеличивается с севера на юг от 88 до 92 ккал на кв. см. Зимой радиация мала. Зимние месяцы (ноябрь, декабрь, январь) дают лишь около 5% годового прихода суммарной радиации. Около 45% годового прихода тепла дают три летних месяца. В ясную погоду в середине июля величина солнечной радиации составляет около 800 ккал/см^2 в сутки. Это объясняется относительно длинным днем и значительной высотой солнца над горизонтом. Наименьшее число часов солнечного сияния за год (1700) наблюдается на севере, наибольшее (1800) на юго-востоке области. Летом длина дня 15–16 часов, высокая продолжительность дня для вегетации растений благоприятна (Агроклиматический справочник..., 1960).

Температура воздуха с севера на юг постепенно повышается. Среднегодовая температура воздуха по Брянской области составляет $4,7\text{--}5,9^\circ \text{C}$ за год, амплитуда среднемесячной температуры воздуха равна 27°C за год.

Продолжительность теплового времени года с температурой выше 0° , выше 5° , выше 10° соответственно составляет 217–234, 180–190, 136–154 дня. В конце апреля – начале мая начинается, а в последней декаде сентября заканчивается теплое время. Сумма активных температур выше 10° возрастает с севера на юг с 2150 до 2450°. Безморозный период составляет 119–160 дней с колебаниями в отдельные годы от 88 до 206 дней (Природные ресурсы..., 2020).

В первой декаде мая заморозки обычно прекращаются, а начинаются первые осенние заморозки в конце сентября – начале октября.

На вершинах и склонах холмов интенсивность и продолжительность заморозков на 20 дней больше, а в долинах на 15 дней меньше, чем на открытом ровном месте.

Произрастание теплолюбивых культур происходит в период с температурой выше 15° , которая длится 80–100 дней, в южных районах на 5–15 дней больше, чем в северных. За этот период сумма активных температур составляет 1530–1820°.

По количеству осадков территория Брянской области относится к зоне умеренного увлажнения. В среднем за год выпадает 530–655 мм осадков. На северо-западе выпадает максимальное 655 мм количество осадков, а наименьшее 530–540 мм – в районе узкой полосы: Почеп, Погар, Мальцево, Ново-Ямское. Максимум осадков выпадает в июле, минимум – в феврале–марте. В среднем сумма осадков за период вегетации растений составляет 270–330 мм (Агроклиматический справочник..., 1960).

На территории области хорошо выражены сезоны года. Но переходы между ними постепенны, поэтому даты начала и конца их можно указать лишь условно.

Зима длится примерно 155 дней, предзимье – 20–30 дней. Предзимье характеризуется неустойчивой погодой, частой сменой морозных дней, оттепелями, становлением и сходом снежного покрова.

Зима начинается в первой половине ноября. Наиболее ранний приход зимы отмечался в конце второй декады октября, а наиболее поздний – в начале декабря.

В это время на территорию области вторгается холодный арктический воздух. Устанавливается малооблачная морозная погода без снегопадов и без ветров или с ветрами южного и юго-западного направлений, приносящими холодный и сухой воздух.

С арктическими вторжениями связаны самые сильные холода. Но зимой сюда часто приходят циклоны с Атлантического океана. Они приносят теплый и влажный морской воздух. Это вызывает значительное потепление, снегопады и метели, а иногда и дожди.

Оттепели бывают каждую зиму.

На зимние месяцы приходится наименьшее количество осадков – 140–190 мм. Особенно мало выпадает их в третьей декаде февраля и первой декаде марта.

Устойчивый снежный покров на территории области устанавливается 3–18 декабря. Залегание снежного покрова по области неравномерное. Это объясняется особенностями рельефа, различием защищенности местности. Небольшая высота снежного покрова в северо-западных районах (Антыков, 1958).

Снежный покров имеет большое значение в сельском хозяйстве, являясь главным источником запасов почвенной влаги к началу вегетационного периода. Почва начинает промерзать в ноябре. Глубина промерзания увеличивается с декабря по февраль с 10–25 до 60–85 см, максимум промерзания 65–90 см достигается в марте. В отдельные годы глубина промерзания колеблется: максимум 85–100, минимум 15–45 см.

Весна начинается в конце марта – начале апреля. Влияние Атлантики весной ослабевает. Это заметно по уменьшению облачности и количеству осадков. Длиннее становится день, радиационный баланс делается положительным. С юга проникают нагретые воздушные массы. Западные циклоны вызывают некоторое похолодание, большую облачность и выпадение осадков. Часто в мае на территорию области вторгается холодный арктический воздух. Тогда температура понижается до 3°. Иногда заморозки бывают и в первой половине июня.

На конец апреля – первую декаду мая приходится прекращение заморозков.

В среднем 26 марта происходит переход через 0° суточной температуры воздуха. Начинается оттаивает почвы и таяние снега. Во второй декаде апреля происходит оттаивание на полную глубину почвы.

Наибольшее увлажнение почвы происходит за счет талых вод. К началу вегетации растений увлажненность почвы вполне достаточная. В это время а в метровом слое содержится 200 мм продуктивной влаги, в пахотном горизонте – 70 мм.

Почва прогревается довольно медленно. Прогревание до 10° на глубине 10 см наблюдается в конце апреля – начале мая. Переход температуры почвы через 10° на той же глубине приходится в среднем на начало первой декады мая, а через 15° – начало третьей декады мая.

Вегетационный период начинается в середине апреля. В это время трогаются в рост озимые культуры, зацветают первые медоносы мать-и-мачеха, красная верба, ива. Начинаются полевые работы (Природные ресурсы..., 2021).

Осадков весной выпадает больше всего во второй декаде мая. По данным метеостанций, в районе г. Брянска и Новозыбкова выпадает 18 мм, а в Севске – 17 мм осадков (Агроклиматический справочник..., 1960).

Лето наступает в 20-х числах мая. Средняя продолжительность его 105–110 дней. В летние месяцы преобладает западный перенос воздуха. Но в отличие от зимы с Атлантики поступает сравнительно холодный воздух, т. к. в это время океаническая поверхность холоднее поверхности суши. Прохладную и пасмурную погоду с дождями вызывают циклоны. Иногда на территорию области проникает арктический воздух вызывая заметное похолодание.

Наиболее теплый месяц – июль. Его средняя температура колеблется от +18 градусов в северо-восточной части области до +19° на юго-западе. Абсолютный максимум температуры воздуха достигал 36–37°.

На летнее время приходится наибольшее количество осадков – 390–450 мм. Особенно большое количество их выпадает во второй декаде июля. В районе Брянска – 32, Новозыбкова – 33, Севска – 34 мм.

Хотя в июле и выпадает большое количество осадков, влаги в почву попадает лишь немногим больше, чем в последующие месяцы. Это объясняется сильным ее испарением в этот жаркий период и выпадением ливней, которые способны промочить лишь верхний слой почвы. Значительная же часть влаги стекает по склонам в овраги, лощины и реки (Антыков, 1958).

В июле и августе благодаря обильным дождям относительная влажность воздуха повышается, и днем составляет около 56–59, а ночью до 80% .

Атмосферные засухи (суховеи) приносят летние юго-восточные ветры. Каждый год наблюдаются слабые суховеи, один раз в 3–10 лет – интенсивные. Очень интенсивные суховеи случаются редко и только в южных районах области. Чаще суховеи бывают в июне и июле.

Осень начинается в сентябре и длится более 70 дней. Наступление этого периода года характеризуется не только началом заморозков, но и значительным понижением температуры почвы и воздуха, увеличением числа дождливых дней, облачности и повышением влажности воздуха.

Пасмурную и ненастную погоду приносят циклоны с запада. В этот период преобладают юго-западные ветры силой 10–15 м/сек. Температура воздуха постепенно понижается.

В середине октября заканчивается вегетационный период. Средняя температура сентября 10–12°, октября 3–8°, а в первой половине ноября –0,8°.

Первые осенние заморозки наступают в среднем в третьей декаде сентября – начале октября, редко в начале сентября. Заморозки на поверхности земли начинаются на 11 дней раньше, чем в воздухе.

Количество осадков осенью уменьшается до 110 мм. В ноябре начинаются снегопады и промерзание почвы. Наступает зима.

Таким образом, климат Брянской области благоприятен для кормопроизводства. Для большинства сельскохозяйственных культур для роста и развития достаточно тепла, влаги и относительно большая продолжительность вегетационного периода. Однако зимние оттепели, поздние заморозки, возврат холодов весной, ливневые дожди, изредка засушливые годы отрицательно воздействуют на производство продукции кормопроизводства (Воробьев, 1993; Бейн и др., 1996).

Положение Брянской области в Атлантико-континентальной климатической области, характеризующейся избыточным и достаточным увлажнением, предопределило развитие густой речной сети. Этому же способствовала также длительность формирования речной сети и ландшафтов (для большей части территории со времени отступления днепровского ледника). С другой стороны, озер на территории области, особенно на междуречьях, сравнительно немного. Это также объясняется зрелостью ландшафтов (Природное районирование..., 1975).

Речная сеть Брянской области принадлежит к бассейну двух больших рек Русской равнины – Днепра и Оки. Водораздел между ними проходит в 20 км к северо-востоку от г. Брянска. Реки Рессета, Вытебеть, Цон (у северо-восточных границ области) относятся к бассейну Оки. Остальные впадают в Днепр и его притоки (Зайдельман, 1985).

Все реки Брянской области – типичные равнинные, текут медленно в широких долинах, образуя многочисленные изгибы и излучины (Добровольский, 2005).

Самая крупная река области – Десна. Длина ее в пределах области около 500 км. Основные притоки Десны: правые – Судость, Посорь, Габья; левые – Снопот, Ветьма, Болва, Снежать, Навля, Ревна, Нерусса.

Второй по величине рекой в области является Ипуть (приток р. Сож), имеющая юго-западное направление. Главные притоки: левые – Надва, Воронуса, Унеча. Значительных правых притоков у р. Ипути нет.

Третья по размеру река – Беседь, приток р. Сож. Беседь имеет густую сеть правых и левых притоков (Природное районирование..., 1975).

Характер природной обстановки играет главную роль в развитии почвообразовательных процессов. В настоящее время на процесс развития и изменения почв большое влияние оказывает также хозяйственная деятельность человека. В первую очередь это связано с заменой естественной растительности культурной и с широким применением различных мелиораций (Воробьев, 1993).

Сложное строение имеет почвенный покров территории Брянской области. Особенности рельефа и дифференциация почвообразующих пород по гранулометрическому составу обуславливают это. Комплексный почвенный покров с участием переувлажненных почв особенно характерен для Клетнянского, Суражского, Красногорского, Клинцовского районов. Пестрый почвенный покров с развитым почвенных сочетаний имеют территории Жуковского, Дятьковского, Навлинского и в отдельных частях Брянского и Карачевского районов.

Сложное строение почвенного покрова с набором почв низкого естественного плодородия снижает эффективность мероприятий по их окультуриванию, ведению севооборотов, затрудняет высокопроизводительное использование техники. Для таких территорий характерен небольшой размер пахотных угодий с бугристо-западинной поверхностью (Природные ресурсы..., 2020).

Большое значение приобретает знание строения почвенного покрова при экономической оценке земель. Территории с одинаковым набором почв, но с разным строением почвенного покрова должны получать разную оценку.

Все многообразие почв области представлено несколькими генетическими типами: подзолистыми, серыми лесными, подзолисто-болотными, пойменными, дерновыми и болотными. Каждый из названных типов почв в свою очередь подразделяется на подтипы, роды, виды и разновидности (Антыков, 1958).

Дерново-подзолистые почвы на территории Брянской области получили наибольшее распространение. Они занимают хорошо дренированные элементы рельефа. По степени оподзоленности они представлены слабо-, средне-, и сильно-подзолистыми видами. Наиболее распространенным видом почв является дерново-среднеподзолистый.

Разнообразны дерново-подзолистые почвы и по гранулометрическому составу – песчаные, супесчаные и легкосуглинистые.

Большие различия свойственны дерново-подзолистым почвам по родовым признакам, что обуславливается характером почвообразующих пород.

На водно-ледниковых и древнеаллювиальных супесях и песках, моренных отложениях, покровных и лёссовидных суглинках формируются дерново-подзолистые почвы. Нередко названные породы переслаиваются, образуя двух или трехчленные отложения, вовлеченные в почвообразующий процесс.

Для дерново-подзолистых почв характерно хорошее выражение морфологических признаков профиля. Профиль отчетливо дифференцирован на генетические горизонты. Особенно ясно представлены морфологические признаки у почв суглинистого гранулометрического состава. На целинных массивах дерново-подзолистые почвы имеют гумусовый горизонт мощностью от 0–8 до 16–22 см (на пахотных угодьях мощность этого горизонта обусловлена глубиной вспашки).

Подзолистый горизонт дерново-слабоподзолистых почв представлен белесыми пятнами оподзоливания, расположенными под гумусовым горизонтом. У дерново-среднеподзолистых почв он более развит и достигает мощности 10–12 см. Дерново-сильноподзолистые почвы имеют подзолистый горизонт мощностью 17–25 см с хорошо выраженной листовато-пластинчатой структурой.

Степень выраженности иллювиального горизонта зависит от степени оподзоленности почв и характера почвообразующей породы. У дерново-подзолистых почв суглинистого гранулометрического состава горизонт В, мощностью от 60–80 до 100–120 бурого цвета, ореховато-призматической структуры, уплотненного и плотного сложения. У песчаных и супесчаных почв иллювиальный горизонт менее ясно выражен и, как правило, более растянут (Воробьев, 1993).

Дерново-подзолистые песчаные почвы не образуют больших массивов. Они приурочены, в основном, к вершинам холмов и увалов зандровых равнин, левобережным террасам рек и встречаются почти во всех районах. Сформировались эти почвы на водно-ледниковых и древнеаллювиальных песках.

По степени оподзоленности песчаные дерново-подзолистые почвы представлены тремя видами: слабо-, средне-, сильноподзолистыми. Но морфологические признаки, по которым определяют степень оподзоленности, слабо выражены. Специфический цвет подзолистого горизонта маскируется цветом кварца, которым богаты почвообразующие породы.

Физические, химические и агропроизводственные свойства дерново-подзолистых песчаных почв обусловлены строением почвообразующих, подстилающих пород и гранулометрическим составом. Положительные свойства этих почв усиливаются при неглубоком залегании суглинистых прослоек или слоев.

Песчаные почвы обладают высокой водопроницаемостью и низкой влагоемкостью. Содержание гумуса в песчаных почвах очень низкое и в пахотном горизонте составляет 0,7–1,0 %. Реакция среды в гумусовом горизонте, в основном, сильно- и среднекислая – рН солевой вытяжки 4,3–4,8. Сумма поглощенных оснований – 2,1 мг-экв на 100 г почвы, поэтому степень насыщенности основаниями – 41,2–51%. Содержание подвижных форм фосфора и обменного калия очень низкое (Войтович, 1997).

Более благоприятными водно-физическими свойствами обладают дерново-подзолистые песчаные почвы, сформировавшиеся на песках, подстилаемых на глубине 0,4–1,1 м моренными суглинистыми отложениями. Такие почвы лучше сохраняют влагу и вносимые удобрения, меньше выщелачиваются, а значит, на них создаются благоприятные условия для роста растений (Войтович, 1997).

При использовании этих почв в сельскохозяйственном производстве в каждом отдельном случае надо учитывать всю природную обстановку. Следует помнить, что дерново-подзолистые песчаные почвы во всех районах области подвержены действию ветровой эрозии (Природные ресурсы..., 2021).

Из приемов, направленных на устранение и смягчение отрицательных агропроизводственных свойств песчаных почв, положительное влияние будет оказывать все то, что способствует повышению их влагоемкости, поглотительной способности и буферности, снижению кислотности и повышению запасов питательных веществ.

На территории области дерново-подзолистые супесчаные почвы распространены в большей степени в сравнении с песчаными. Они расположены во всех районах области, занимая плоские, слабоволнистые задровые равнины, а также террасы рек, формируются на водно-ледниковых и древнеаллювиальных супесях как мощных, так и на маломощных, подстилаемых моренной или водноледниковыми суглинистыми отложениями на глубине 0,5–1,5 м. Особенно распространены дерново-подзолистые супесчаные почвы в Новозыбковском, Климовском, Клинцовском, Суражском, Унечском, Клетнянском районах. Здесь они составляют основной пахотный фонд.

Дерново-подзолистые супесчаные почвы по степени оподзоленности представлены всеми видами: слабо-, средне- и сильноподзолистыми. Наиболее распространенным видом являются дерново-среднеподзолистые супесчаные.

Морфологические признаки супесчаных почв, характерные для строения профиля дерново-подзолистой почвы, выражены яснее, чем у песчаных, но все еще недостаточно четко. Супесчаные почвы имеют хорошо выраженный гумусовый горизонт, подзолистый и иллювиальный горизонты морфологически менее выражены. С усилением оподзоливания эти горизонты выделяются яснее (Антыков, 1958).

Дерново-подзолистые супесчаные почвы в пахотном горизонте содержат от 12–13 до 18–19% физической глины, а преобладающей механической фракцией является мелкий песок (0,25–0,05 мм). Физические свойства супесчаных почв благоприятнее песчаных. Но для супесчаных почв все еще остается характерной небольшая влагоемкость. Потери влаги из-за повышенной водопроницаемости также значительны. Это почвы еще с невысокой емкостью поглощения, низкой буферностью, с небольшой водоподъемной способностью.

Агрохимические показатели у дерново-подзолистых супесчаных почв не-

сколько лучше, чем у песчаных. Увеличивается накопление гумуса, достигая в пахотном горизонте 0,9–1,2%. Реакция среды, в основном, среднекислая – рН солевой вытяжки 4,7–4,9 ед. (Воробьев и др., 1995).

Для этих почв характерна незначительная сумма поглощенных оснований – 1,7–3,6 мг-экв на 100 г почвы, а степень насыщенности основаниями низкая – 43,8–58,1%. Бедны супесчаные почвы подвижными формами фосфора и калия.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что дерново-подзолистые супесчаные почвы богаче песчаных, но в целом имеют невысокое естественное плодородие, низкое содержание гумуса, небольшие запасы зольных питательных веществ.

Увеличение плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв может быть достигнуто за счет создания достаточно мощного культурного горизонта путем постепенного углубления пахоты, применения органических и минеральных удобрений и известкования. Но главным средством мелиорации супесчаных почв является введение сидеральных севооборотов с посевом люпина (Войтович, 1997).

Сельскохозяйственное использование супесчаных почв осложняется еще и тем, что они довольно легко подвержены действию ветровой эрозии.

Дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы самые распространенные в Брянской области. Они встречаются во всех районах, приурочены ко всем положительным элементам рельефа. В формировании этих почв участвуют почти все почвообразующие породы. Они встречаются в местах с водноледниковыми и моренными отложениями, покровными и лёссовидными суглинками, а также на двучленных отложениях (Воробьев, 1993).

Дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы составляют наибольшую долю в пахотных угодьях большинства хозяйств, исключая юго-восток и правобережье рек Десны и Судости.

По степени оподзоленности дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы представлены всеми тремя видами: слабо-, средне- и сильноподзолистыми. Все они обладают хорошо выраженными разнообразными морфологическими признаками, характерными для дерново-подзолистых почв.

Дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы обычно создают очень

пестрый почвенный покров по родовым признакам. Это обусловлено различной литологией и гранулометрическим составом почвообразующих пород.

Описываемые почвы обладают большей влагоемкостью, умеренной, а при формировании на морене – слабой водопроницаемостью, с явлением застоя вод в почвенном профиле. Капиллярные свойства этих почв хорошо выражены, емкость поглощения и буферность значительная.

Бесструктурность – одно из отрицательных свойств дерново-подзолистых легкосуглинистых почв, под действием осадков они быстро размокают, снижают впитывающую способность и образуют корку после высыхания.

Содержание физической глины в пахотном горизонте легкосуглинистых почв колеблется от 20,5 до 29,6%. Преобладающая фракция у почв, развитых на водно-ледниковых и моренных отложениях, мелкий песок (0,25–0,05 мм), а там, где почвообразующими породами служат покровные и лёссовидные суглинки, – крупная пыль (0,05–0,01 мм).

Сельскохозяйственное использование дерново-подзолистых легкосуглинистых почв и повышение их плодородия должны решаться на основе знания их природных особенностей. Нельзя добиться одинакового эффекта, например, от углубления пахотного горизонта, если делать это без учета особенностей дерново-слабоподзолистой и сильноподзолистой почвы.

Известкование имеет важное значение при окультуривании этих почв, так как повышенная кислотность почв отрицательно влияет на развитие самой почвы и продуктивность возделываемых на ней культур (Антыков, 1958).

При проведении мероприятий по улучшению дерново-подзолистых почв необходимо использовать материалы почвенного и агрохимического обследования, которые имеются в каждом хозяйстве.

Серые лесные почвы занимают наибольшие площади в юго-восточных районах области – Севском, Комаричском, Брасовском, Карачевском. Часто встречаются они также по правобережьям рек Десны и Судости – в Жуковском, Брянском, Трубчевском, Почепском, Погарском и Стародубском районах.

Распространение серых лесных почв зависит от того, что они формируются только на породах, богатых карбонатами кальция и магния, – лёссовидных суглинках и лёссе. В тех местах правобережья Десны, и Судости, где отсутствуют указанные породы и почвообразующими породами служат моренные и водно-ледниковые отложения, а серых лесных почв нет. В таких местах обычно встречаются дерново-подзолистые почвы (Антыков, 1958).

Серые лесные почвы в наибольшей степени подвержены действию плоскостной и линейной эрозии, так как сформировавшись на породах, быстро размокающих, с вертикальной делимостью. Использование почв снижается из-за хорошо развитого микрорельефа, большого количества западин, разной величины и форм.

Тип серые лесные почвы в зависимости от содержания гумуса и оподзоленности подразделяются на подтипы: светло-серыми, серыми и темно-серыми. Легкосуглинистые и среднесуглинистые почвы по гранулометрическому составу преобладают в Брянской области.

Серые лесные почвы имеют хорошо выраженный, дифференцированный профиль. Для него характерен плавный переход одного горизонта в другой, с постепенным нарастанием по глубине глины и уменьшением гумуса.

Имея полнопрофильное строение и благоприятные свойства, серые лесные почвы обеспечивают хорошее развитие корневой системы всех сельскохозяйственных культур, в том числе и плодовых деревьев. Это тип лучших почв Брянской области (Воробьев, 1993).

Наиболее распространены светло-серые лесные почвы в Брянском, Почепском и Жуковском районах. Здесь они занимают переходное положение от дерново-подзолистых почв к типичным серым лесным. Поэтому светло-серые лесные почвы имеют много общих свойств, как в строении профиля, так и по агрохимическим показателям с дерново-подзолистыми почвами.

Светло-серые лесные почвы небогаты гумусом и важнейшими питательными веществами. Среднее количество гумуса в пахотном горизонте этих почв достигает 1,8–2,0%. Содержание гумуса уменьшается с глубиной, что сближает данные почвы с дерново-подзолистыми.

Реакция среды пахотного горизонта, в основном, слабокислая – рН солевой вытяжки 5,2–5,4, с колебаниями от 4,5 до 6,4. Сумма поглощенных оснований достигает 8,9–11,0 мг-экв на 100 г почвы, а степень насыщенности основаниями 73,2–78,0%. Содержание подвижных форм фосфора и калия низкое и среднее.

Серые лесные почвы занимают обширные территории области, составляют основной пахотный фонд в хозяйствах юго-востока и на массивах ополей по правобережью рек Десны и Судости.

Длительное использование серых лесных почв под пашней приводит к разрушению структуры пахотного горизонта и ухудшает водопроницаемость. В результате высыхания образуется на поверхности пашни почвенная корка, она нарушает воздушный режим и создает условия для непродуктивного расхода влаги.

Серые лесные почвы характеризуются как малогумусные. Расхождение в содержании гумуса достигает больших величин – от 1,5 до 5,81%. Реакция среды слабокислая и близкая к нейтральной, рН солевой вытяжки 5,4–5,9. Сумма поглощенных оснований 14,7–19,5 мг-экв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями – 75,9–83,1%.

Запасы подвижного фосфора и обменного калия – средние, а на выпашанных участках – низкие. По сравнению с пахотным слоем наблюдается повышенное количество фосфора в подпахотном, а иногда и в иллювиальном горизонтах.

На территории области темно-серые лесные почвы занимают относительно небольшие площади, встречаясь преимущественно в Севском, Комаричском, Брасовском, Карачевском, Стародубском и Трубчевском районах.

Темно-серые лесные почвы встречаются на плоских равнинах и пологих склонах. Они представлены крупнопылеватыми легкими и средними суглинками. Преобладают легкосуглинистые почвы.

Профиль темно-серых лесных почв глубоко окрашен гумусом, не имеет оподзоленного горизонта и отличается слабо выраженной иллювиальностью. Гумусовый горизонт имеет мощность около 40–45 см, белесоватый налет кремнезема проявляется лишь по граням структурных отдельностей в горизонте АВ и в иллювиальном горизонте глянцевыми илистыми пленками.

Содержание гумуса в темно-серых лесных почвах в пахотном горизонте 3,9–4,8%. С глубиной его количество постепенно снижается. Пахотный горизонт имеет близкую к нейтральной реакцию среды, рН солевой вытяжки – 5,6–5,9, с глубиной рН увеличивается. В слое с 80–110 см, в профиле обнаруживаются карбонаты. Сумма поглощенных оснований – 18,3–24,0 мг-экв на 100 г почвы. Степень насыщенности основаниями высокая – 82–86%.

Обладая наиболее благоприятными агрономическими свойствами, темно-серые лесные почвы могут интенсивно использоваться в сельскохозяйственном производстве (Природное районирование, 1975).

Дерново-подзолистые глееватые и глеевые почвы занимают большие площади на севере и западе области. Частично они распахиваются, на значительных площадях заняты малопродуктивными сенокосами и пастбищами, покрыты лесом и кустарником.

В распределении дерново-подзолистых оглеенных почв ведущая роль принадлежит рельефу и особенностям почвообразующих и подстилающих пород. Занимая плоские славодренированные участки водоразделов и понижения, и имея в профиле водонепроницаемые суглинистые горизонты, дерново-подзолистые глееватые и глеевые почвы развиваются в условиях повышенного увлажнения. Такие почвы чаще всего можно наблюдать в Клетнянском, Красногорском, частично Клинцовском и Мглинском районах. Там они создают пестрый почвенный покров. В результате этого сельскохозяйственные угодья на таких почвах отличаются мелкоконтурностью.

Особенность описываемых почв заключается в том, что признаки оглеения накладываются на типичный профиль дерново-подзолистой почвы. При этом процессы оглеения у глееватых почв представлены в виде сизых и ржавых пятен в подзолистом и в верхней части иллювиального горизонта. У глеевых почв этот процесс усиливается, и с глубины 40–60 см в профиле просматривается сплошной вязкий, сизый глееватый горизонт. Верхние горизонты глееватых почв испытывают избыточное увлажнение, когда выпадает много осадков. У глееватых почв продолжительность избыточного увлажнения верхних горизонтов удлиняется, а нижняя часть профиля испытывает почти постоянное переувлажнение.

Физические свойства дерново-подзолистых оглеенных почв, особенно водно-воздушный режим, отрицательные. В профиле преобладают анаэробные процессы, образуются токсичные органические и минеральные соединения.

Описываемые почвы отличаются повышенным накоплением органических веществ, но гумус у них кислый, грубый, часто с признаками оторфованности. Реакция среды сильно- и среднекислая – pH солевой вытяжки 4,2–4,7. Сумма поглощенных оснований – 2,3–9,6 мг-экв на 100 г почвы. В поглощающем комплексе содержится много поглощенного водорода. Обеспеченность подвижным фосфором и калием очень низкая, хотя общие запасы питательных веществ таких почв значительные.

Повышение эффективности сельскохозяйственного использования дерново-подзолистых оглеенных почв, особенно под пашней, требуют тщательного изучения. Такие почвы трудно поддаются окультуриванию, и процесс этот очень дорогой. В первую очередь надо отрегулировать водный режим. Это достигается устройством дренажа. Дальнейшие приемы окультуривания не отличаются от приемов, которые применяют для типичных дерново-подзолистых почв. В случае использования этих почв под естественные кормовые угодья необходимо провести культуртехнические мероприятия с подсевом трав (Антыков, 1958).

Аллювиальные (пойменные) почвы входят в большую группу интразональных почв, отличаются большим типовым, подтиповым и видовым разнообразием. Они пестры по гранулометрическому составу – от песков до средних суглинков, имеют разную степень заболоченности. Пойменные почвы – основной фонд естественных кормовых угодий области (Добровольский, 2005).

Формирование описываемых почв происходит в условиях проявления аллювиального процесса. Затопление полыми водами способствует отложению большого количества аллювия, в основном, легкого механического состава. Наиболее распространенным типом пойменных почв на территории области являются пойменные дерновые легкосуглинистые. А из подтипов – пойменные дерновые слоистые и пойменные дерновые зернистые. По степени оглеенности почти все эти почвы делятся на глееватые и глеевые.

Пойменные дерновые слоистые и зернистые почвы имеют хороший гумусный слой в верхней части. Его мощность у слоистых почв – 18–25 см, окраска серая, структура пылевато-комковатая. У зернистых почв горизонт А составляет 30–40 см, хорошо выраженной комковато-зернистой структуры, темно-серого цвета. Травы на этих почвах, особенно пойменных дерновых зернистых, дают высокие урожаи (Воробьев, 1993).

Содержание гумуса в горизонте А слоистых почв составляет 2–4%, у зернистых – 4–7%. Реакция почв, в основном, слабокислая – рН солевой вытяжки 5,2–5,5 с колебаниями от 4,5 до 6,8. Количество обменных оснований варьирует от 5,6 до 25–30 мг-экв на 100 г почвы. Кислотность и количество обменных оснований зависят от литологии аллювиальных наносов. Там, где талые воды смывают породы, богатые основаниями, и откладывают этот материал в пойме, образуются почвы с невысокой кислотностью, большой суммой поглощенных оснований и повышенной гумусированностью горизонта А. На больших реках этот процесс усиливается от верхнего течения реки к нижнему (Кузьменко и др., 1977).

Болотные почвы на территории Брянской области имеют относительно небольшие площади. Они заняты, в основном, несельскохозяйственными угодьями и частично используются как естественные сенокосы и пастбища.

В распределении болотных почв сказываются не столько климатические условия, сколько рельеф и особенности строения поверхностных пород. Выровненные, слабодренированные пространства с близким залеганием водонепроницаемых моренных отложений, как правило, больше заболочены и заняты почвами болотного типа. Участков, имеющих такие условия, много в Клетнянском районе, поэтому и почвы болотного типа здесь занимают большие площади. Наоборот, там, где водоразделы хорошо дренированы и сложены водопроницаемыми породами, торфяные почвы встречаются только в поймах рек и на днищах балок (территории ополей) (Природное районирование..., 1975).

Болотные почвы на территории области представлены тремя типами – верховыми, переходными и низинными. Но наибольшее распространение получили низинные торфяные почвы.

Болотные почвы делятся на подтипы, роды и виды. Наиболее распространенными подтипами являются торфяно-глеевые, перегнойно-торфяные и торфяные почвы (Воробьев, 1993).

Характерная особенность болотных почв – огромное накопление органического вещества. Торфяно-глеевые почвы, например, имеют органогенный горизонт мощностью 30–50 см, ниже залегает довольно мощный глеевый горизонт. А мощность торфяной, толщи перегнойно-торфяных и торфяных почв колеблется в больших пределах – от 50 до 300 см, нередко и более.

Торфяные почвы содержат огромное количество азота, но бедны фосфором (исключая торфяные залежи с вивианитом), калием и микроэлементами.

Верховые слаборазложившиеся торфа имеют очень кислую реакцию, низкую зольность. Несколько лучше агрохимические свойства у переходных торфяных почв. Низинные торфяники обладают целым рядом положительных агрохимических качеств. Так, например, реакция среды их слабокислая, близкая к нейтральной, и нейтральная, степень разложенности органических остатков и зольность высокие. Эти почвы богаты азотом, иногда – фосфором и калием.

На территории Брянской области широколиственные леса почти полностью уничтожены. В сельскохозяйственном отношении наибольшее значение имеет естественная растительность лугопастбищных угодий, относительно меньше – болотная и лесная (Природное районирование..., 1975).

Естественные сенокосы, используемые частично для выпаса скота, а также пастбища используются в качестве кормовых угодий, на долю сенокосов и пастбищ приходится соответственно 286 и 253 тыс. га (или 15% всей территории).

В Брянской области по характеру увлажнения сенокосы и пастбища соответственно распределялись: суходольные (и низинные) – 60 и 94%, заливные – 27 и 0%, заболоченные – 13 и 6 % (Природное районирование..., 1975).

По земельному балансу к суходольным угодьям отнесены все сенокосы и пастбища, не заливаемые полыми водами, в том числе и низинные и возвышенные участки пойменных угодий. К заболоченным отнесены все заболоченные сенокосы и пастбища, в том числе и в поймах рек.

Несмотря на наличие обширных пойм в долинах Десны, Болвы, Ипути и других рек в целом в Брянской области преобладают сенокосы суходольные и низинные. Заливаемые составляют менее одной трети общей площади сенокосов. К суходольным угодьям относятся почти все пастбища.

На склонах балок и оврагов располагаются суходольные сенокосы и пастбища, а также дюнах, буграх, а также участках водораздельных плато под лесными опушками и полянами и др. Атмосферные осадки являются основным источником увлажнения данных угодий. При этом значительная часть влаги стекает по склонам. Под влиянием смыва почвы суходольных сенокосов и пастбищ, обеднены мелкоземом и питательными веществами и сухи. В жаркое время года растресканы. Это повреждает корневую систему растений. Травостой в таких условиях большей частью низкий, разреженный, малоценный в кормовом отношении.

На самых бедных песчаных почвах дюнных бугров располагаются луга с разреженным низким травостоем из кошачьей лапки, тмина песчаного (бессмертника), очитка едкого (ядовитое растение) и др. Редко среди этих растений встречаются бобовые и некоторые злаки. На супесчаных почвах пойменных валов (грив) образуются пустоши с покровом из мхов и редким, и низким разнотравно-злаковым травостоем. Урожайность таких лугов, используемых обычно под выпас скота, ничтожна (Иванов и др., 2010).

По склонам балок, оврагов и пойменных валов, на менее бедных почвах и при несколько большем увлажнении, распространены полевица тонкая (обыкновенная), овсяница красная, вейник наземный, клевер горный, лядвенец рогатый, донники, белый и лекарственный (медоносы), нивяник обыкновенный, василек луговой, полынь равнинная (полевая) и сорняки: молочай прутьевидный (ядовитый) очанки, погребок большой (полупаразит) и др.

По крутым южным склонам с интенсивным развитием эрозии встречается разреженная, полуксерофитная растительность. Здесь распространены полевица тонкая, мятлик сплюснутый, клевер горный, донник лекарственный (медоносное растение), гвоздика-травянка, подорожник ланцетолистный, подашь веничная и др.

На плоских равнинах и пологих склонах с суглинистыми почвами и временным избыточным увлажнением появляются душистый колосок, трясунка средняя, клевер ползучий, лютик едкий – первый показатель повышенного увлажнения (ядовит), черноголовка обыкновенная, чай луговой, осоки бледноватая, коротковолосистая и др.

На лесных полянах и опушках в травостое участвуют представители лесной флоры. В то же время из состава травостоя выпадают некоторые луговые растения, не переносящие затенения. Лесные вырубки заняты вейником наземным, иван-чаем узколиственным с участием мелкотравья, земляники лесной и пр.

В юго-восточной части области урожайность суходольных сенокосов в зависимости от степени увлажнения соответственно составляет от 5–7 до 12–14 ц/га, на них распространены остепненные типчаковые луга с овсяницей овечьей, келерией сизой, клевером горным, тимьяном обыкновенным, подмаренником весенним и др. (Булохов, 2009).

Вне речных пойм, на плоских междуречьях и речных террасах, по замкнутым западинам, ложбинам располагаются низинные сенокосы и пастбища, а также по днищам балок и оврагов. Увлажнение низинных лугов получают за счет близлежащих грунтовых вод и стока влаги с прилежащих повышенных элементов рельефа, а также атмосферное. Режим увлажнения низинных лугов может быть нормальным, либо временно или постоянно избыточным. В зависимости от этого развиваются влажные, сырые или заволаоченные луга, используемые как сенокосы и пастбища.

Господствующим злаком низинных лугов является щучка (луговик дернистый). В зависимости от степени увлажнения и интенсивности выпаса скота на этих лугах к щучке примешиваются те или иные кормовые злаки: тимофеевка, мятлик луговой, овсяница луговая, полевицы гигантская (белая), собачья и побегообразующая, лисохвост луговой и коленчатый. Характерны также мелкие осоки: черная, заячья, коротковолосистая; ситники: сплюснутый и лягушачий, хвощ болотный (ядовит), из бобовых и влажного разнотравья присутствуют клевер ползучий, гусиная лапка, кульбаба осенняя, манжетка городковатая, девясил британский, таволга вязолистная, лютики едкий и ползучий (оба ядовиты).

На бедных, кислых почвах встречается белоус торчащий, низкорослый плотнодерновинный злак, нарушающий аэрацию почвы. Белоус способен к вегетативному размножению, поэтому нередко занимает большие площади. Травостой этого растения быстро грубеет. Белоусовые луга не выкашиваются, но используются для раннего выпаса скота (Природное районирование..., 1975).

На бедных песчаных почвах после вырубki леса в травостое довольно долгое время может господствовать кустарничек – вереск обыкновенный, не поедаемый скотом. Верещатники и белоусовые луга наиболее распространены в западной половине области.

Урожайность низинных лугов составляет 15–25 ц/га, однако качество их невысокое.

Суходольные и низинные сенокосы и пастбища в Брянской области находятся на территории соответственно 185 и 204 тыс. га. В пределах моренно-зандровых и водно-ледниковых равнин в западной части области эти угодья имеют наибольшее распространение.

Чистые и улучшенные суходольные и низинные луга области составляют около 75%. Остальная часть поросла кустарником, редколесьем или покрылась кочками. Это уменьшает полезную площадь луга и мешает использованию механизмов на уборке сена (Булохов, 2009).

Сенокосные угодья, как правило, находятся в лучшем состоянии, чем пастбища. Первоначальный травостой пастбищ в своей основе тот же, что и травостой сенокосных лугов. При неумеренном выпасе скот повреждает и затаптывает растительный покров, разрушает дернину, уплотняет почву. Слабо задернованные южные склоны в балках при раннем выпасе скота легко подвергаются эрозии. В связи с этим склоны, а также овраги следует полностью исключить из числа пастбищных угодий. Несоблюдение установленных норм пастбы приводит к выпадению из травостоя неустойчивых к выпасу трав и замене их более устойчивыми. При долговременном, неумеренном выпасе травостой прежнего суходольного пастбища может в конце концов смениться мелкорослыми однолетними травами крайне низкого кормового качества: мятликом однолетним, пастушьей сумкой,

гордом птичьим, а также непоедаемыми сорняками – чертополохом, татарником колючим и др. Травостой выбитых низинных пастбищ зарастает малоценным в кормовом отношении белоусом, щучкой с примесью лисохвоста коленчатого, клевера ползучего, гусиной лапки, подорожника большого, кульбабы осенней и др.

В Брянской области скот выпасают на сенокосных лугах (весной до хорошего развития травостоя и осенью – по отаве). Однако неумеренный и несвоевременный выпас скота по сенокосным лугам ухудшает общее качество сенокосов.

В основном заливные сенокосы находятся в поймах главных рек области: Десны, Ипути, Судости и их притоков. Благодаря ежегодному обогащению пойм плодородными речными наносами травостой заливных сенокосов представляет основное кормовое богатство области.

Местами заливные луга Десны, Ипути и других рек прерываются пойменными дубравами и черноольшаниками. В поймах рек широко также развиты заросли ивняка.

Для Брянской области характерно повышенное увлажнение речных пойм. Этому способствует наличие многочисленных родников, вытекающих у подножий надпойменных террас.

Заливные сенокосы занимают площадь около 82 тыс. га. По отношению к общей площади сенокосов это составляет 27%. Тем не менее по количеству поставляемых области зеленых и сухих кормов заливные луга играют в ряде районов главную роль (Булохов, 2009).

Пойменные луга большинства рек Брянской области на две недели заливаются вешними водами, а луга более крупных рек: Десны, Болвы, Ипути, Судости – на месяц и более.

При длительном затоплении травостой пойменных лугов изменяется. Растения, малоустойчивые к затоплению, выпадают из травостоя и заменяются более выносливыми (щучка, овсяница луговая, осока черная, хвощ приречный и др.).

В пойме Десны обычно хорошо выражены ее морфологические части: прирусловая, центральная и притеррасная. В пойме Ипути и других небольших рек такое деление менее ясно.

В прирусловой части поймы при быстром течении воды происходит интенсивное отложение крупных наносов – гальки и песка. В результате уровень этой части поймы ежегодно повышается. Поверхность прирусловой поймы неровная. Как правило, в ней присутствуют дюнные бугры и валы, сложенные песчаным аллювием, а также ложбины, промытые полыми водами. Почвенный покров довольно пестрый – от слоистых песчаных сухих почв до луговых глееватых и местами торфянисто-глеевых.

В связи с разнообразием рельефа, условий увлажнения и почв травостой в прирусловой части поймы неоднородный. На незаливаемых вершинах и склонах дюнных бугров и на прирусловых валах располагается разреженная ксерофитная растительность суходольного типа. На прирусловых валах, заливаемых полыми водами, с несколько более увлажненными песчаными и супесчаными почвами, господствуют крупностебельные длиннокорневищные злаки, легко переносящие накопление аллювиальных наносов. Это костер безостый, пырей ползучий с примесью рыхлокустовых злаков (овсяницы луговой, тимофеевки, полевицы гигантской, ежи сборной), бобовых и разнотравья (мышинного горошка, подмаренника мягкого, порезника промежуточного). Высота злаков до одного метра и более при большой густоте травостоя. Костер безостый является по питательности одним из самых ценных высокорослых сенокосных и пастбищных злаков. Он выносит длительное затопление, хорошо поедается скотом весной и в начале лета. Пырей ползучий также обладает высокой питательностью и хорошо поедается скотом. Однако площади костровых лугов в области невелики, поскольку прибрежная зона пойм занята кустами ивняка, а в пойме Ипути также порослью дуба. Урожайность таких лугов по области составляет 15–25 ц/га (Кузьменко и др., 1977).

На более ровной поверхности прирусловой поймы, с почвами, более увлажненными, заиленными, но не заболоченными, располагаются ценные в кормовом отношении лисохвостовые луга. В их травостое находятся многие другие полезные злаки, а также бобовые и разнотравье. Здесь обычны лисохвост луговой, тимофеевка, овсяница луговая, мятлик луговой, бекмания обыкновенная, щучка дернистая, клевер луговой и гибридный, люцерна серповидная и хмелевая (даю-

щая ценный подсед), лютик едкий, кукушкин цвет, манжетка городковатая, вероника длиннолистная. Лисохвост луговой также является одним из лучших сенокосных злаков, дает ранний, обильный, высокопитательный корм. Кроме того, подобно бобовым растениям, лисохвост является азотонакопителем. Он использует атмосферный азот с помощью клубеньковых образований на своих корнях.

Лисохвостовые луга с полевицей побегообразующей широко распространены в поймах Десны и Болвы, где наблюдается активное отложение аллювиальных наносов. В поймах рек Ипути, Беседи, Снова и Судости, где отложения аллювия менее значительны, эти луга встречаются на сравнительно небольших участках.

В аналогичных условиях рельефа и увлажнения, но на менее песчаных почвах в прирусловой части поймы Десны, а также в поймах других рек Брянской области часто встречаются смеси тимофеевки и полевицы белой, овсяницы луговой с участием мятлика лугового, полевицы собачьей, бобовых и разнотравья. Эти травы относятся к числу лучших сенокосных и пастбищных. Все они отлично поедаются животными, а овсяница луговая и полевица гигантская довольно хорошо выносят вытаптывание и дают богатую отаву. Урожайность лисохвостовых и лугоовсяницевых лугов в южной части Брянской области достигает 20–30 ц/га.

В понижениях прирусловой поймы и вдоль берегов встречается двукисточник тростникововидный, манники – большой и плавающий (реже), осока острая. Высота травостоя до 1,5 м.

Вдоль берегов рек осока острая образует почти чистые заросли. Двукисточник произрастает на свежих аллювиальных наносах на суглинках и супесях даже с водой на поверхности. Зелень двукисточника грубая, однако сено, получаемое до цветения, и отава поедаются скотом.

Осока острая дает еще более грубое, жесткое сено, но в молодом состоянии вместе с манником может успешно использоваться на силос. Большие площади таких лугов имеются на юге области в пойме Десны, а также в пойме Неруссы. Урожайность указанных лугов достигает 30–40 ц/га (Природное районирование..., 1975).

Следует отметить, что, кроме полезных растений, на заливных сенокосах прирусловой поймы встречается много сорных растений. Кроме того, в прирусловой пойме местами по лугу разбросаны отдельные деревья вяза шершавого, кусты ивы, крушины ломкой и др. Травостой местами перепутан цепкими побегами ежевики. В понижениях поймы встречаются заросли ивняка, иногда труднопроходимые. Все это очень затрудняет механизированную уборку сена и уменьшает полезную площадь сенокосов.

Центральная часть поймы, пониженная и более выровненная по сравнению с прирусловой частью, занимает по рекам Брянской области примерно половину ее ширины. Так как эта часть поймы больше удалена от реки в половодье, на ней откладывается более мелкий материал, и развиваются суглинистые пойменные дерновые глееватые, в понижениях дерново-глеевые и торфянистые почвы. На них формируются влажные и сырые, местами заболоченные луга. В связи с большой выровненностью рельефа растительность центральной поймы, как правило, менее разнообразна, чем прирусловой (Добровольский, 2005).

Для центральной части поймы, наряду с упоминавшийся выше луговолисохвостными ассоциациями, характерны тимофеечно-щучковые, белополевицево-щучковые смеси. Состав травостоя примерно тот же, что и на низинных щучковых лугах и пастбищах. В центральной пойме р. Десны, в Брянском районе, произрастает мятлик луговой с примесью щучки, тимофеевки, бобовых и разнотравья. Большинство растений щучковых лугов хорошо выдерживает длительное затопление, а также выпас скота. Щучка переносит бедные кислородом почвы. Такие травы неплохо поедаются скотом ранней весной и дают хорошую отаву после стравливания.

Густая дерновина щучки образует на лугах кочки, ухудшает аэрацию почвы. В связи с этим, щучка как сенокосный злак не представляет большой ценности, а местами рассматривается как сорняк. Урожайность щучковых лугов значительна – до 20 ц/га (Булохов, 2009).

По ложбинам центральной поймы, где застаиваются воды, широко распространена бекмания обыкновенная. Примесь к бекмании составляют лисохвост лу-

говой, мятлик болотный, двукосточник тростниковидный, манник большой, а также представители влажного разнотравья, окопник лекарственный (ядовит), подмаренник болотный, череда трехраздельная, дербейник иволистный и др. Высота травостоя до одного метра.

Бекмания – весьма ценный кормовой злак. Она отлично поедается всеми видами скота до фазы кошения (после чего грубеет), дает хорошую отаву после скашивания, выносит умеренный выпас и засоление почвы. Урожайность бекманиевых лугов высокая – до 30 ц/га, однако в сухие годы ее урожай резко падает.

Притеррасная часть поймы наиболее понижена и заболочена. В связи с максимальным удалением от русла реки и уменьшением скорости течения полых вод в ней отлагается тонкий иловатый материал, на котором формируются дерново-глеевые и иловато-болотные почвы и развивается растительность сырых и заболоченных лугов. Среди нее в притеррасной части поймы широко распространены осоки, щучки с примесью влажного разнотравья. Кроме того, в притеррасной части поймы в условиях временного застаивания воды после половодий, встречаются заросли полевицы собачьей с небольшими примесями других луговых злаков, осоки дернистой, а из бобовых – клевера ползучего, чины луговой и влажного разнотравья: лютиков ползучего и жгучего, гусяной лапки, василистника узколистного, таволги вязолистной и др. Кормовые качества и урожайность этих трав невелики (Природное районирование..., 1975).

Местами встречаются травы с господством лисохвоста коленчатого, а также хвоща приречного и некоторых других. Лисохвост коленчатый дает нежное, питательное сено, но мало урожаен. Хвощ приречный ядовит и скотом не поедается.

На заболоченных старицах растут камыш лесной, осоки острая, лисья и другие, встречается болотное разнотравье, в котором ряд ядовитых растений: смежник водный, вех ядовитый, калужница болотная, лютик и др.

Осока острая в притеррасной части поймы образует кочки, способствующие дальнейшему заболачиванию территории.

Более глубокие понижения заняты торфяными осоковыми болотами, озерами и черноольшаниками.

По старицам и озерам расселяются тростник обыкновенный, камыш озерный, рогоз широколистный и узколистный, иногда аир обыкновенный. Высота тростника до 3 м и более. В молодом состоянии тростник используется на силос. Большие площади зарослей тростника располагаются в пойме Десны и Неруссы у Трубчевска и ниже, а также по р. Ипуть, близ ее выхода из пределов области. Урожайность тростника достигает 40–50 ц/га.

Состояние заливных сенокосов Брянской области, так же как и суходольных и низинных кормовых угодий, недостаточно хорошее: травостой сильно обеднен и засорен, большие площади сенокосов заросли кустарником и мелколесьем, изредка редким лесом, местами изобилуют кочками, заболочены, иногда выбиты скотом. Поэтому урожайность всех типов сенокосов – невысока. Для естественных сенокосов она составляет 11 ц/га, а улучшенных – 16 ц/га (Булохов, 2009).

Умеренный выпас скота на лугах может быть в некоторых случаях даже желательным, поскольку при этом уменьшается количество разнотравья и усиливается развитие злаков. Однако нормы выпаса скота на заливных лугах по области не всегда выдерживаются.

В целом на пойменных лугах Брянской области наблюдается преимущественное развитие более влаголюбивых трав по сравнению с поймами рек более восточных областей Европейской части РФ.

1.2. Радиоэкологическая обстановка на территории Брянской области

В результате аварии на Чернобыльской АЭС территория России оказалась загрязненной, по площади загрязнения и количеству выпавших искусственных радионуклидов наиболее пострадавшей стала Брянская область (Атлас современных..., 2009; Харкевич и др., 2011; Сычев и др., 2016; Ратников и др., 2018).

После выпадения искусственных радионуклидов в 1986 году резко ухудшилась радиационная обстановка территории сельскохозяйственных угодий Брянской области, 1756,7 тыс. га были отнесены к разряду загрязненных, из которых пашня – 1267,4 тыс. га и сенокосы и пастбища – 489,3 тыс. га (Харкевич и др., 2011).

Максимальные площади радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий Брянской области попали в группу загрязнения до 37 кБк/м², минимальные в группу загрязнения свыше 1480 кБк/м². В 1986 году площадь радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий, где необходимо применение защитных мероприятий составила 301,2 тыс. га (рис. 1.1).

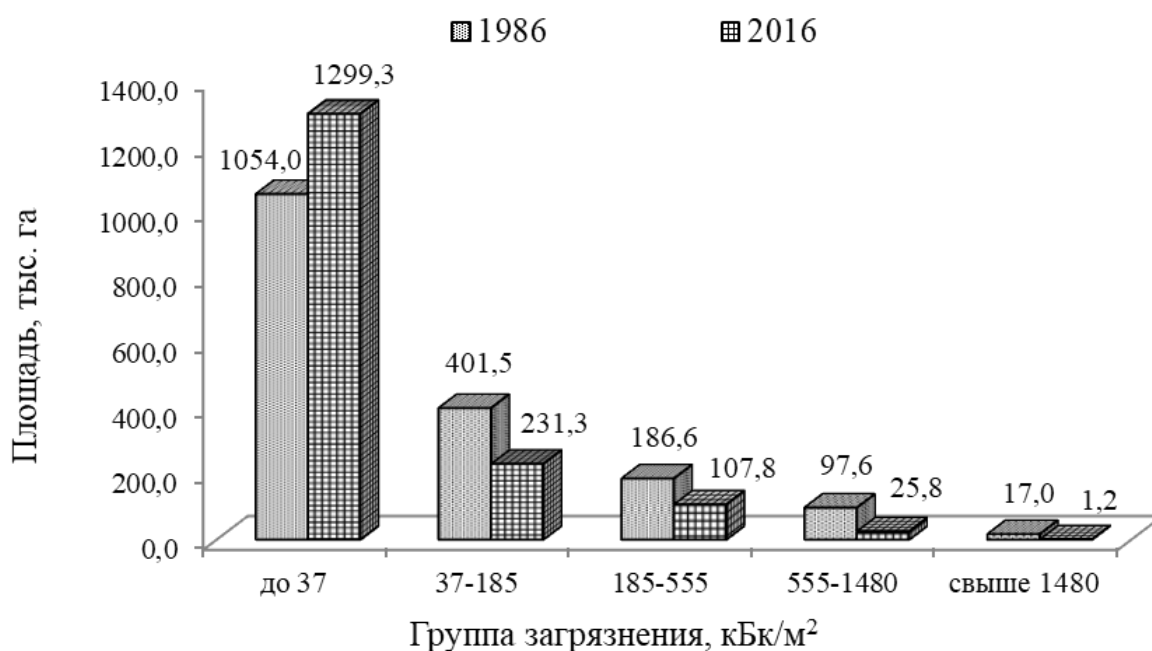


Рисунок 1.1 – Плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий Брянской области в период 1986-2016 годы

По прошествии 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС на сельскохозяйственных угодьях Брянской области радиационная обстановка претерпела изменения. Максимальные и минимальные площади сельскохозяйственных

угодий Брянской области соответствовали тем же группам загрязнения, как и в 1986 году, однако произошло увеличение площадей с плотностью загрязнения ^{137}Cs до 37 кБк/м^2 , за счет снижения площадей в других группах загрязнения. В 2016 году площадь радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий, где необходимо применение защитных мероприятий снизилась в 2,2 раза и составила 134,8 тыс. га (рис. 1.1).

Максимальные площади радиоактивно загрязнённой пашни Брянской области попали в группу загрязнения до 37 кБк/м^2 , минимальные в группу загрязнения свыше 1480 кБк/м^2 . В 1986 году площадь радиоактивно загрязненной пашни, где необходимо применение защитных мероприятий составила 193,3 тыс. га (рис. 1.2).

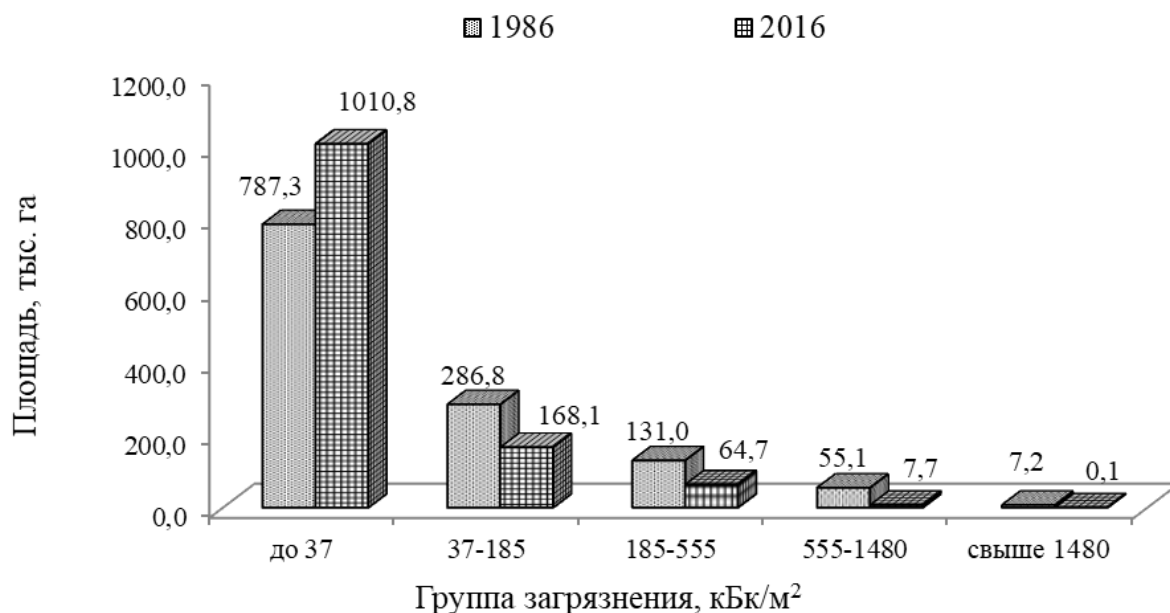


Рисунок 1.2 – Плотность загрязнения ^{137}Cs пашни Брянской области в период 1986-2016 годы

По прошествии 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная обстановка территории пашни претерпела изменению. Максимальные и минимальные площади пашни Брянской области соответствовали тем же группам загрязнения, как и в 1986 году, однако произошло увеличение площадей с плотностью загрязнения ^{137}Cs до 37 кБк/м^2 , за счет снижения площадей в других группах загрязнения. В 2016 году площадь радиоактивно загрязнённой пашни, где необходимо применение защитных мероприятий снизилась в 2,7 раза и составила 72,5 тыс. га.

Максимальные площади радиоактивно загрязнённых сенокосов и пастбищ Брянской области попали в группу загрязнения до 37 кБк/м², минимальные в группу загрязнения свыше 1480 кБк/м². В 1986 году площадь радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий, где необходимо применение защитных мероприятий составила 107,9 тыс. га (рис. 1.3).

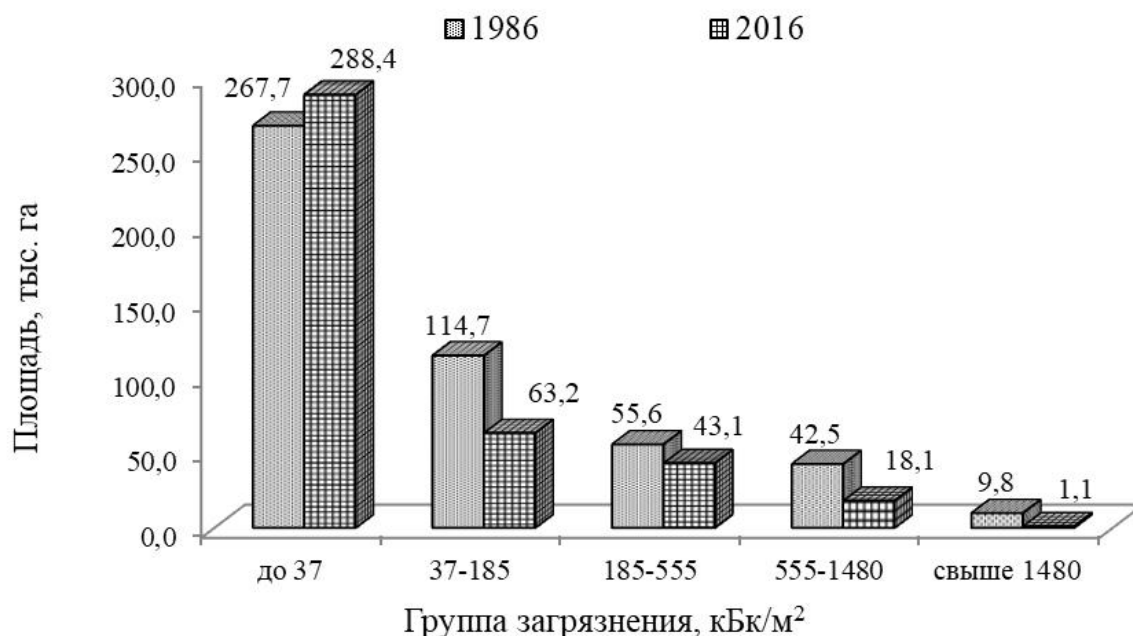


Рисунок 1.3 – Плотность загрязнения ¹³⁷Cs сенокосов и пастбищ Брянской области в период 1986-2016 годы

По прошествии 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная обстановка на сенокосах и пастбищах претерпела изменения. Максимальные и минимальные площади сенокосов и пастбищ Брянской области соответствовали тем же группам загрязнения, как и в 1986 году, однако произошло увеличение площадей с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs до 37 кБк/м², за счет снижения площадей в других группах загрязнения. В 2016 году площадь радиоактивно загрязнённых сенокосов и пастбищ, где необходимо применение защитных мероприятий снизилась в 1,7 раза и составила 62,3 тыс. га.

Сравнивая изменение площадей радиоактивно загрязнённых пашни, сенокосов и пастбищ, на которых необходимо проведение реабилитационных мероприятий, установили, что возврат территории радиоактивно загрязнённой пашни идет с большей скоростью в сравнении с радиоактивно загрязнёнными сенокосами и пастбищами.

Стародубский, Гордеевский, Климовский, Клинцовский, Красногорский, Злынковский, Новозыбковский находятся в юго-западной части Брянской области, в результате аварии на Чернобыльской АЭС, они оказались наиболее загрязненными. Они занимают 24 % территории Брянской области или 8373 км² (Атлас современных..., 2009; Харкевич и др., 2011; Сычев и др., 2016; Просяников и др., 2021).

Максимальные площади радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий юго-западной части Брянской области попали в группу загрязнения 37-185 кБк/м², минимальные в группу загрязнения свыше 1480 кБк/м². В 1986 году площадь радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий, где необходимо применение защитных мероприятий составила 297,4 тыс. га (рис. 1.4).

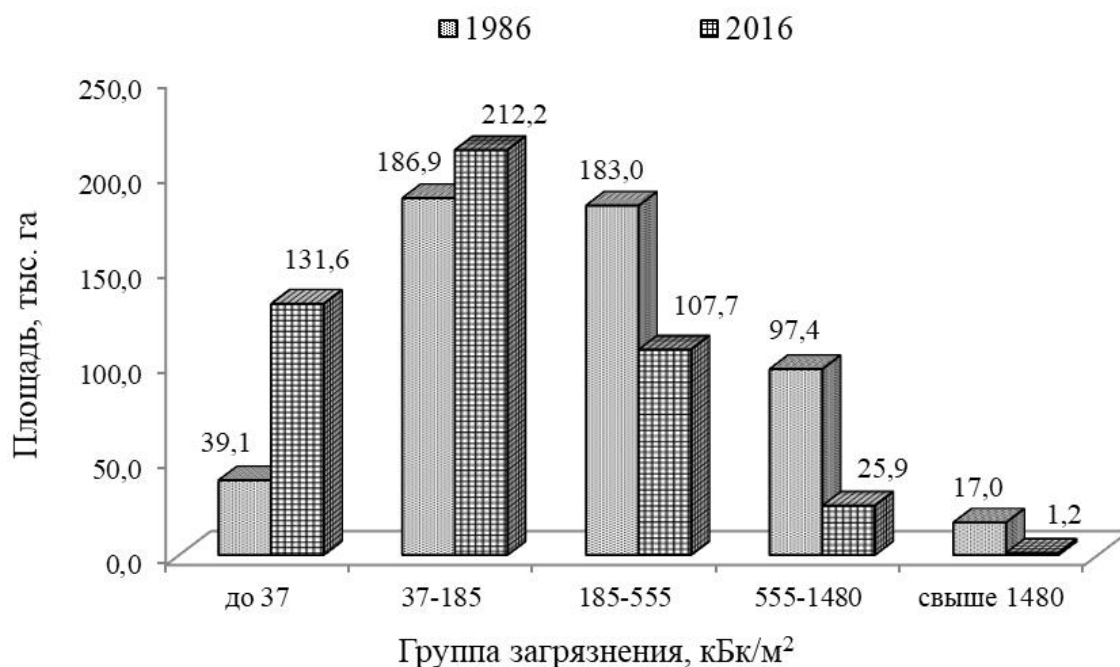


Рисунок 1.4 – Плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий юго-запада Брянской области в период 1986-2016 годы

По прошествии 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная обстановка на сельскохозяйственных угодьях претерпела изменению. Максимальные и минимальные площади сельскохозяйственных угодий юго-западной части Брянской области соответствовали тем же группам загрязнения, как и в 1986 году, однако произошло увеличение площадей с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs до 37 кБк/м², за счет снижения площадей в других группах загрязнения. В 2016 году площадь радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий составила 297,4 тыс. га.

ственных угодий, где необходимо применение защитных мероприятий снизилась в 2,2 раза и составила 134,8 тыс. га (рис. 1.1).

Рассматривая площади групп загрязнения территорий области и юго-западных районов необходимо отметить, что существуют различия в убывающих рядах площадей различных групп загрязнения, так в 1986 году в области группа с наименьшим загрязнением по площади была наибольшая, на юго-западе её площадь оказалась одной из наименьших.

Максимальные площади радиоактивно загрязнённой пашни юго-западной части Брянской области попали в группу загрязнения 37-185 кБк/м², минимальные в группу загрязнения свыше 1480 кБк/м². В 1986 году площадь радиоактивно загрязнённой пашни, где необходимо применение защитных мероприятий составила 192,5 тыс. га (рис. 1.5).

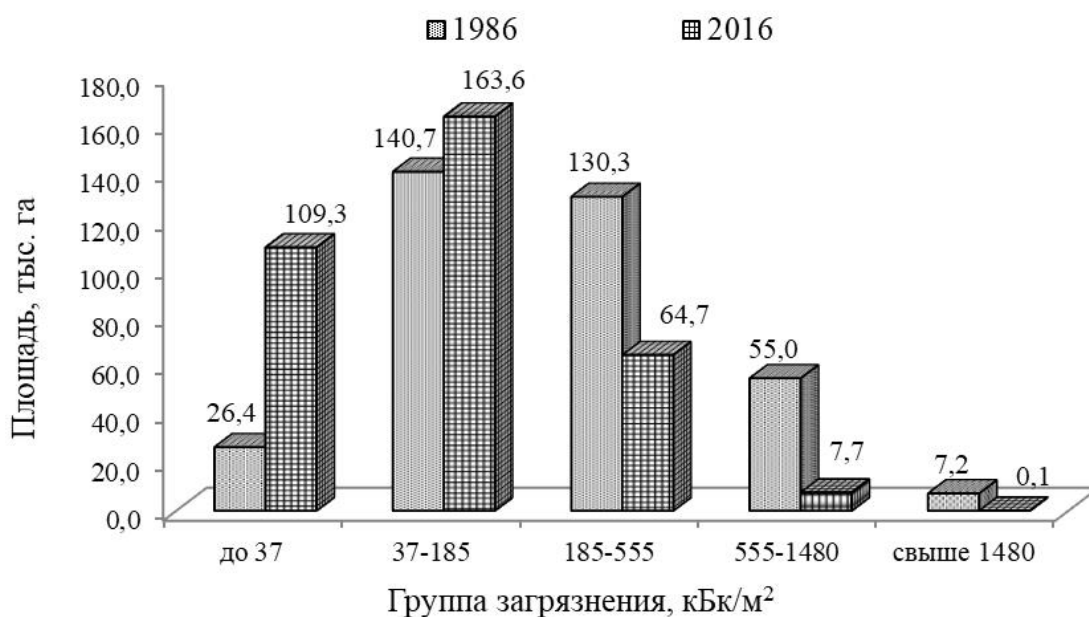


Рисунок 1.5 – Плотность загрязнения ¹³⁷Cs пашни юго-запада Брянской области в период 1986-2016 годы

По прошествии 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная обстановка территории пашни претерпела изменению. Максимальные и минимальные площади пашни юго-западной части Брянской области соответствовали тем же группам загрязнения, как и в 1986 году, однако произошло увеличение площадей с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs до 37 кБк/м², за счет снижения площадей в других группах загрязнения. В 2016 году площадь радиоактивно загряз-

нённой пашни, где необходимо применение защитных мероприятий снизилась в 2,7 раза и составила 72,4 тыс. га (рис. 1.5).

Максимальные площади радиоактивно загрязнённых сенокосов и пастбищ юго-западной части Брянской области попали в группу загрязнения 185-555 кБк/м², минимальные в группу загрязнения свыше 1480 кБк/м². В 1986 году площадь радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных угодий, где необходимо применение защитных мероприятий составила 104,9 тыс. га (рис. 1.6).

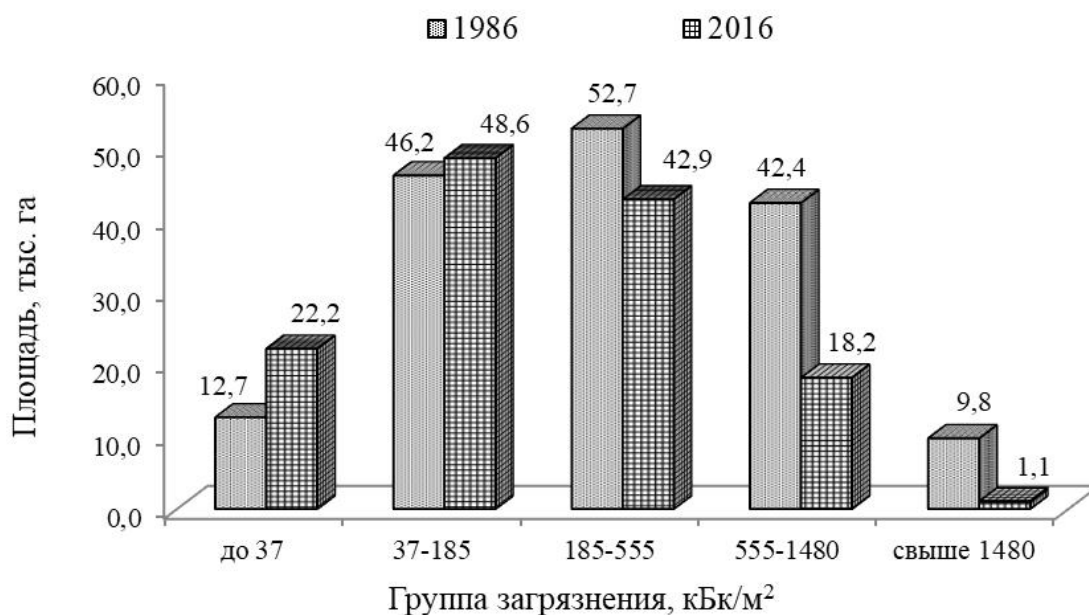


Рисунок 1.6 – Плотность загрязнения ¹³⁷Cs территории сенокосов и пастбищ юго-запада Брянской области в период 1986-2016 годы

По прошествии 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная обстановка на сенокосах и пастбищах претерпела изменения. Максимальные и минимальные площади сенокосов и пастбищ юго-западной части Брянской области соответственно соответствовали группам загрязнения 37-185 и свыше 1480 кБк/м², произошло увеличение площадей с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs до 37 кБк/м², за счет снижения площадей в других группах загрязнения. В 2016 году площадь радиоактивно загрязнённых сенокосов и пастбищ, где необходимо применение защитных мероприятий снизилась в 1,7 раза и составила 62,2 тыс. га.

В целом, в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС, радиологическая обстановка в Брянской области и юго-западной части области стабилизируется. В результате естественного распада искусственных радионуклидов

и вертикального и горизонтального перемещений происходит снижение уровня радиоактивного загрязнения территории. При этом территория юго-запада Брянской области до сих пор остается критической в отношении производства кормов с допустимым содержанием ^{137}Cs .

В исследовании 2009-2015 гг. на аллювиальной луговой почве поймы реки Ипуть установлено, что миграция ^{137}Cs из верхних слоев в ниже лежащие происходит медленно. В настоящее время наибольшее количество ^{137}Cs находится в дернине, поэтому без применения минеральных удобрений при плотности загрязнения ^{137}Cs территории более 555 кБк/м^2 невозможно получить сено, соответствующее нормативу по содержанию в нем ^{137}Cs . Применение калийных удобрений снижает удельную активность ^{137}Cs сена естественного травостоя, а азотных удобрений – увеличивает, однако высокие дозы калийных удобрений снижали этот негативный эффект азота (Просянкин, Силаев, 1999; Чесалин и др., 2016; Смольский и др., 2018).

Внедрение защитных мероприятий на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территориях, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, снижает производство кормов, не соответствующих нормативам по радиационной безопасности, и дозу общего облучения. Минимальная урожайность зеленой массы с наибольшей удельной активностью корма в период исследований 2000-2008 годов была получена в варианте без применения минеральных удобрений. Максимальная урожайность $30,9 \text{ т/га}$ получена при внесении полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{60}$. Увеличение доз элементов питания и их соотношений не приводило к значимой прибавке урожайности. При соотношении $\text{N}:\text{K}$ в полном минеральном удобрении, равном $1:1$, корм не соответствовал нормативу. Поэтому для получения высоких урожаев зеленой массы многолетних трав с удельной активностью, не превышающей допустимые значения, в зоне с плотностью загрязнения $1221\text{-}1554 \text{ кБк/м}^2$, рекомендуем применять полное минеральное удобрение с соотношением $\text{N}:\text{K}$, равным $1:1,5$. В период исследований 2009-2014 годов оптимальным для получения высокой урожайности зеленой массы надлежащего качества было использование полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$. Без применения удобрений связь между урожайностью и удельной

активностью зеленой массы трав оказалась слабой положительной, использование удобрений при соотношении N:K, равном 1:1, делало связь слабой, но отрицательной. Дальнейшее увеличение доли калия усиливало связь. Полученные данные о снижении удельной активности ^{137}Cs в зеленом корме подтвердили, что именно калийные удобрения наиболее эффективны при реабилитации радиоактивно загрязненных кормовых угодий. Проведённый расчет миграции ^{137}Cs из кормов в продукцию животноводства установил, что главным фактором, ограничивающим переход ^{137}Cs из почвы в растения и далее по пищевой цепи, явилось применение калийного удобрения, которое позволяет снизить удельную активность ^{137}Cs в продукции животноводства и внутреннюю дозу облучения человека (Харкевич и др., 2015; Белоус и др., 2016).

Исследования, в условиях полевого агроценоза, по возделыванию кормовых культур обнаружил, что в зависимости от доз калийных удобрений уровень урожайности зерносенажа желтого люпина превосходил злаковые кормовые культуры в 1,4-3,2 раза.

В гетерогенных посевах максимальная урожайность выявлена при применении калийного удобрения в дозе K_{210} на совместных посевах люпина и суданской травы, при норме высева компонентов 1,0 + 1,0 млн шт./га. Под влиянием последовательно возрастающих доз калия (K_{180} и K_{210}) содержание сырого протеина в корме повышалось, а удельная активность ^{137}Cs – снижалось. Независимо от доз применения калийного удобрения зерносенаж желтого люпина не соответствовал нормативу по содержанию ^{137}Cs в корме. Нормативно «чистый» зерносенаж был получен из злаковых кормовых культур при внесении калийного удобрения в дозе 210 кг/га д. в. Выраженный на таком же фоне минерального питания зерносенаж на основе люпина желтого с овсом, люпина желтого с суданской травой, люпина желтого с просом при норме высева компонентов соответственно 1,0 + 3,5, 1,0 + 1,0 и 1,0 + 3,0 млн шт. / га с удельной активностью ^{137}Cs в пределах 115-177 Бк/кг, можно рекомендовать использовать как составную часть при заготовке зерносенажа в смеси с зеленой массой других кормовых культур (Иванов и др., 2016).

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по научному обоснованию применения минеральных удобрений при возделывании кормовых культур проводили в условиях радиоактивного загрязнения юго-запада Брянской области в полевых и луговых стационарных опытах в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Агроклиматические показатели территории исследования получены на метеорологическом посту Новозыбковской СХОС - филиале ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» расположенном на 52°30'50" северной широты и на 31°51'36" восточной долготы, высота над уровнем моря – 190 м.

Температурный режим периодов исследования колебался как по месяцам, так и по годам исследований, наиболее теплый период исследований наблюдали с 2009 по 2011 годы, когда средняя температура вегетации была равна 17,8° С (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Среднее значение агроклиматических показателей периода вегетации

Период, лет \ Месяц	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Вегетационный период
Температура воздуха, °С							
2003-2008	8,4	16,2	18,7	20,9	20,1	13,9	16,4
2009-2014	10,3	17,8	20,5	22,8	20,7	14,2	17,7
2009-2011	10,0	16,7	21,1	23,4	20,8	14,8	17,8
2011-2013	10,3	18,4	20,9	22,1	20,0	13,7	17,6
2013-2015	9,5	18,5	20,4	21,1	20,9	13,8	17,4
Климатическая норма	7,3	14,9	18,3	20,0	18,7	13,1	15,4
Количество выпавших осадков, мм							
2003-2008	37,9	45,5	83,4	86,3	86,4	46,9	386
2009-2014	37,8	50,7	70,6	75,3	57,3	51,9	344
2009-2011	22	52	73	87	61	56	351
2011-2013	60	37	74	66	64	56	357
2013-2015	27	55	59	65	26	59	291
Климатическая норма	39	54	72	80	70	55	370

По количеству осадков наиболее влажный период исследований наблюдали с 2003 по 2008 годы, когда количество выпавших осадков за вегетацию равнялось 386 мм, а наиболее засушливый – 2013-2015 годы (табл. 2.1).

Схема опыта действия различных минерального удобрения при поверхностном и коренном улучшении заливных лугов на продуктивность и качество травостоя в зависимости от периода исследований представлена в таблице 2.2.

Применяли аммиачную селитру, простой гранулированный суперфосфат и хлористый калий, удобрения вносили ежегодно: азотные и калийные – в 2 приема (половина расчетной дозы под 1-й укос, вторая половина – под 2-й укос), фосфорные – полной дозой в один прием под 1-й укос.

Таблица 2.2 – Схема опыта естественного и сеяного травостоя в период исследований с 2003 по 2014 года

Травостой	Мероприятия улучшения	Вариант минерального удобрения
2003-2008 годы исследования		
Ботанический состав естественного травостоя: овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.) лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.) тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.) Доля разнотравья ≈10–15% общего состава	Нет	Контроль P ₉₀ K ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀ N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀ N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀ N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₄₀ N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀ N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₂₇₀ N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₃₆₀
Сеяная травосмесь: кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i> L.) – 8 кг/га овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.) – 8 кг/га тимофеевка луговая (<i>Phleumpratense</i> L.) – 5 кг/га двукисточник тростниковый (<i>Phalaris arundinacea</i> L.) – 5 кг/га лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.) – 5 кг/га	Поверхностное улучшение (применение гербицида раундап (5 л/га)	
	Коренное улучшение (вспашка обычным плугом (ПЛН-3-35)	
2009-2014 годы исследования		
Ботанический состав естественного травостоя: овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.), лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.), тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.). Доля разнотравья ≈10–15% общего состава	Нет	Контроль P ₆₀ K ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀ N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀
Сеяная травосмесь: овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.) – 6, лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.) – 5, двукисточник тростниковый (<i>Phalari sarundinacea</i> L.) – 7 кг/га.	Ускоренное перезалужение: известкование почвы, фрезерование в двух направлениях, предпосевное прикатывание почвы катками, посев сеялкой СЗТ-3.6	

В таблице 2.3 представлена схема опыта применения минерального удобрения на луговых и полевых ценозах, в которых представлены 2 вида семейства бобовые и 9 видов семейства мятликовые.

Таблица 2.3 – Схема опыта одновидовых посевов кормовых культур

Культура	Сорт	Вариант минерального удобрения	Почва
2009-2011 год исследований			
Ежа сборная (<i>Dactylis glomerata</i>)	ВИК 61	Контроль P ₆₀ K ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅ N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀ N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅ N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅ N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	Аллювиальная дерновая оглееная супесчаная
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i>)	Дединовская		
Двукосточник тростниковый (<i>Phalaroides arundinacea</i>)	Припятский		
2011-2013 год исследований			
Люпин желтый (<i>Lupinus luteus</i>)	Престиж	Контроль K ₁₈₀ K ₂₁₀	Дерново-подзолистая песчаная
Овес посевной (<i>Avena sativa</i>)	Скакун		
Райграс однолетний (<i>Loliym multiflorum</i>)	Изорский		
Суданская трава (<i>Andropogon drummondii</i>)	Кинельская-100		
Просо посевное (<i>Panicum miliaceum</i>)	Квартет		
2013-2015 год исследований			
Люцерна изменчивая (<i>Medicago varia</i>)	Луговая-67	Контроль P ₆₀ K ₆₀ P ₆₀ K ₇₅ P ₆₀ K ₉₀ P ₆₀ K ₁₀₅	Дерново-подзолистая супесчаная
Кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i>)	Марусинская 297		
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pretense</i>)	Моршанский 760		

В таблице 2.4 представлена схема опыта действия минерального удобрения и норм высева при возделывании гетерогенных посевов бобовых и мятликовых культур на продуктивность гетерогенных посевов.

Таблица 2.4 – Схема опыта гетерогенных посевов кормовых культур

Культура	Норма высева, млн. шт. / га	Вариант минерального удобрения	Почва
Люпин желтый + овес посевной	1,0+1,5	Контроль K ₁₈₀ K ₂₁₀	Дерново-подзолистая песчаная
	1,0+2,5		
	1,0+3,5		
Люпин желтый + райграс однолетний	1,0+1,5		
	1,0+2,5		
	1,0+3,0		
Люпин желтый + суданская трава	1,0+1,0		
	1,0+1,5		
	1,0+2,0		
Люпин желтый + просо посевное	1,0+2,0		
	1,0+2,5		
	1,0+3,0		

Аммиачную селитру, суперфосфат простой гранулированный и хлористый калий использовали в опытах в качестве минерального удобрения.

Исследования в период с 2003 по 2014 годы в луговом опыте проводили на аллювиальной дерновой оглеенной супесчаной почве со следующими показателями плодородия: pH_{KCl} 5,2-5,6 ед., гумус 3,0-3,3 % (по Тюрину), P_2O_5 420-640 мг/кг, K_2O 90-120 мг/кг (по Кирсанову) и плотностью загрязнения ^{137}Cs территории 1221-1554 кБк/м² в период 2003-2008 годы, 559-867 кБк/м² в период 2008-2014 годы, в полевых опытах в период с 2011 по 2013 годы на дерново-подзолистой песчаной почве со следующими показателями плодородия: pH_{KCl} 5,7-5,9 ед., гумус 1,3-1,5 %, P_2O_5 350-380 мг/кг, K_2O 70-110 мг/кг и плотностью загрязнения ^{137}Cs в среднем за годы исследования 850 кБк/м² и в период с 2013 по 2015 год на дерново-подзолистой супесчаной почве со следующими показателями плодородия: pH_{KCl} 5,5-5,8 ед., гумус 1,5-1,7 %, P_2O_5 156-180 мг/кг, K_2O 90-120 мг/кг и плотностью загрязнения ^{137}Cs в среднем за годы исследования 238 кБк/м².

Луговой участок в период весеннего паводка в зависимости от года был затоплен от 10 до 22 дней.

Агротехника и мероприятия по защите растений при возделывании кормовых культур общеприняты для зоны исследования.

Размещение делянок рендомизированное в трехкратной повторности.

Опыты заложены в соответствии с Программой и методикой исследования в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии (1990) и Методикой опытов на сенокосах и пастбищах (1971).

Отбор растительных образцов одновидовых посевов кормовых культур и бобово-злаковых смесей проводили вручную. Определение урожайности зелёной массы – укосным методом путем взвешивания с пересчетом на воздушно-сухую массу. Уборку урожая проводили для культур семейства мятликовые в фазу цветения, для культур семейства бобовые в фазу сизо-блестящего боба.

Потенциал продуктивности кормовых культур в условиях юго-запада Брянской области изучали по средствам нахождения индекса условий среды и показатели экологической пластичности: стабильность (Sd^2) и пластичность (bi) определя-

ли по Эберхарту и Расселлу (Eberhart, Russell, 1966), стрессоустойчивость по А.А. Гончаренко (Гончаренко, 2005), размах урожайности (d) – по В.А. Зыкину (Зыкин и др., 2011), коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову (Доспехов, 1985).

Для выявления механизма влияния бобового компонента на урожайность кормовых культур использовали численные методы, которые включали следующие расчеты: транспирация рассчитывалась по формуле Пенмана (1972), испаряемость – по формуле Н.Н. Иванова (1954), удельную поверхность почвы – по методу, изложенному в работе (Пакшина, Сковородникова, 2010), емкость катионного обмена корней кормовых культур была взята из работ (Willams, Coleman, 1950; Drake et al., 1951; Vengris, Drake, 1955; Drake, 1964).

Для расчета удельной поверхности корней, числа Пекле (Pe), параметра биовыноса использовались следующие формулы:

$$C_i = C_k \exp(\pm \lambda_6 \sum_v E_T), \quad (1)$$

где C_i , C_k – содержание иона в фитомассе культуры на варианте i и контроле; λ_6 – параметр биовыноса, знак «+» относится к элементам N, P, K, Ca, знак «-» к элементу Mg; $\sum_v E_T$ – транспирация за вегетацию, мм.

Параметр биовыноса λ_6 выражается следующей формулой:

$$\lambda_6 = 1,8 \times 10^3 (\sigma_k - \sigma_n) \sqrt{(z_1 + z_2)/2} \text{ Pe} / T, \quad (2)$$

где σ_k , σ_n – поверхностная плотность отрицательных зарядов корневой системы и почвы, Кл/м²; z_1 , z_2 – соответственно валентности аниона и катиона соли; Pe – число Пекле, T – абсолютная температура почвы (Пакшина, Петухов, 1976).

Коэффициент λ_6 в формуле (1) характеризует интенсивность поглощения иона из почвы корнями на варианте по сравнению с контролем.

В исследованиях использовали средние значения показателей фитоклиматических условий в весенне-летний период вегетации, транспирации, доступности влаги и элементов питания посевам кормовых культур за период 2011-2013 гг. (табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Фитоклиматические показатели вегетации (май-июль)

Год	$\sum_v Q_c$	$\sum_v Q_\phi$	t, °C	L	$\sum_v E_0$	$\sum_v H$	$\sum_v (H - E_0)$	KY
2011	590	378	19,3	2,458	240	114,5	– 125,5	0,48
2012	597	397	18,3	2,458	243	119,8	– 123,2	0,50
2013	720	472	21,4	2,450	294	98,3	– 195,7	0,33
Среднее	636	419	19,4	2,456	261	117,0	– 144,5	0,45

Примечание: $\sum_v Q_c$ – сумма суточных значений радиационного баланса в период вегетации, МДж/м²; $\sum_v Q_\phi$ – сумма суточных значений в течение вегетации фотосинтетически активной радиации, МДж/м²; T – температура воздуха в градусах Цельсия; L – теплота парообразования МДж/кг; $\sum_v E_0$ – испаряемость за период вегетации, мм; $\sum_v H$ – сумма осадков за период вегетации, мм; $\sum_v (H - E_0)$ – дефицит атмосферной влаги в период вегетации, мм; KY- коэффициент увлажнения.

Биохимические анализы в растительных образцах проводили по общепринятым методикам: по обезжиренному остатку определяли жир, сжиганием определяли золу, по Кьельдалю определяли общий азот, который перемножали на коэффициент 6,25 и получали протеин, по методу Геннеберга-Штомана в модификации ЦИНАО определяли клетчатку, по методу Гинсбурга смесью H₂SO₄ и HClO₄ определяли калий, по методу Мерфи-Райли определяли фосфор (Методические указания..., 2002).

При раскрытии механизма биологического выноса элементов питания и ¹³⁷Cs была использована модель передвижения ионов в почвенных порах, включающая конвекцию, диффузию и миграцию ионов в электростатических полях вокруг поверхности корней и почвенных частиц подробно описанную в работах (Пакшина и др., 2019; Пакшина и др., 2020; Pakshina et al., 2018).

Решение модели для случая выноса ионов из источника соли при нисходящем потоке раствора и аккумуляции ионов в почве при восходящем движении раствора от источника соли имеет следующий вид:

$$C_t = C_o \exp(-\lambda_n vt), \quad (3)$$

здесь $C_o \gg C_t$, C_t – содержание в почве внесенных солей

$$C_t = C_o \exp(\lambda_n vt), \quad (4)$$

здесь $C_o \ll C_t$, C_t – содержание вносимых в слой почвы солей, v – скорость потока раствора, t – продолжительность процессов выноса и аккумуляции солей в почве, λ_n – параметр массопереноса ионов.

Для случая биовыноса ионов из почвы корневой системой растения на контроле и вариантах с применением минерального удобрения с транспирирующей водой из (1) и (2) следуют два уравнения:

$$C_i = C_K \exp(-\lambda_6 \sum_B E_T), \quad (5)$$

здесь $C_i < C_K$, C_K , C_i – соответственно содержание иона в воздушно-сухой массе растения на контроле и на варианте i .

$$C_i = C_K \exp(\lambda_6 \sum_B E_T), \quad (6)$$

здесь $C_i > C_K$, λ_6 – параметр биовыноса иона. Для определения действия удобрений на биовынос элементов питания из почвы сравниваются варианты с контролем.

Расшифровка параметра массопереноса ионов в почве была выполнена в работе (Пакшина и др., 2018), а параметр биовыноса в работе (Пакшина, Петухов, 1976).

Формула параметра массопереноса ионов в почве имеет следующий вид:

$$\lambda_n = 1,8 \times 10^3 \times \sigma_n \sqrt{(z_1 + z_2)/2} \times Pe/T, \quad (7)$$

где σ_n – поверхностная плотность зарядов на поверхности почвенных капилляров, z_1 , z_2 – валентность аниона и катиона соли, Pe – число Пекле, T – абсолютная температура почвы.

Параметр биовыноса иона определяется следующей формулой:

$$\lambda_6 = 1,8 \times 10^3 \times (\sigma_k - \sigma_n) \times \sqrt{(z_1 + z_2)/2} \times Pe/T, \quad (8)$$

где σ_k – поверхностная плотность зарядов корневой системы растений.

В данной работе показана возможность использования формул (5) – (8) для определения биовыноса элементов питания мятликовыми травами.

Для проведения численных расчетов по формулам (5) – (8) были взяты данные элементного состава сена многолетних мятликовых трав.

Численные методы исследования включали следующие расчеты: транспирация рассчитывалась по формуле Пенмана (1972), испаряемость – по формуле Н.Н. Иванова (1954), удельную поверхность почвы – по методу, изложенному в работе (Пакшина, Сковородникова, 2010), емкость катионного обмена корней кормовых культур была взята из работ (Willams, Coleman, 1950; Drake et al., 1951; Vengris, Drake, 1955; Drake, 1964), удельная поверхность корней рассчитана по

формуле (6) при условии, что $\sum_{\text{в}} E_{\text{т}} / \sum_{\text{в}} E_{\text{о}} = 0$; число Pe – как частное от деления значений λ_6 на каждом варианте опыта на λ_0 при условии $\sum_{\text{в}} E_{\text{т}} / \sum_{\text{в}} E_{\text{о}} = 0$; поверхностная плотность зарядов корней и почвы как частное от деления ЕКО (мэКв / 100 г) на удельную поверхность ($\text{м}^2/\text{г}$), умноженную на коэффициент перевода в $\text{Кл}/\text{м}^2$, равный 0,963. Рассчитанные значения содержания элементов питания в воздушно-сухой массе трав находили по формулам (3) и (4). Параметр биовыноса находили по графику зависимости $\ln(C_i/C_k) = f \sum_{\text{в}} E_{\text{т}}$, где C_i , C_k – экспериментальные данные содержания элементов питания в воздушно-сухой массе мятликовых трав на вариантах с применением минерального удобрения и на контроле.

Для изучения риска получения продукции кормопроизводства, не отвечающих нормативу (Ветеринарно-санитарные..., 2002), были использованы результаты ежегодных мониторинговых наблюдений ФГБУ «Брянская межобластная ветеринарная лаборатория» за 2010-2014 года. Эти данные включали уровни загрязнения ^{137}Cs продукции кормопроизводства в общественных и личных подсобных хозяйствах в наиболее пострадавших в результате аварии на ЧАЭС районах Брянской области. Так, по ветеринарно-санитарные требования регламентируют допустимые уровни содержания ^{137}Cs в естественных и сеянных травах не более 100 Бк/кг, в грубых кормах (сено) не более 400 Бк/кг и сочных кормах (силос, сенаж) не более 80 Бк/кг. Для расчетов использовались выборки данных по каждому виду продукции (табл. 2.6).

В общем виде риск (R) представляет собой долю продукции, содержащую радионуклиды с концентрациями, превышающими нормативные значения (Спиридонов, Иванов, 2013):

$$R = V / V_0, \text{ где}$$

V – количество загрязненной продукции; V_0 – суммарный объем продукции.

Использование данного показателя вполне уместно и корректно для анализа и обеспечения продовольственной безопасности, а также страхования агропроизводства на загрязненных и реабилитируемых после радиационных аварий территориях (Крышев и др., 2009; Спиридонов и др., 2013; Спиридонов, Микаилова, 2015).

Таблица 2.6 – Объем выборок данных продукции кормопроизводства за период с 2010 по 2014 год

Район	Число общественных хозяйств	Силос	Сенаж	Концентраты	Солома	Трава	Сено	Число населенных пунктов	Трава	Сено
Новозыбковский	11-16	639	423	970	1023	1536	2175	21-26	352	1197
Злынковский	7	0	161	101	264	332	603	14-18	839	1317
Клинцовский	11-13	211	280	649	543	995	1126	43-68	1387	2195
Гордеевский	9	275	396	460	341	546	585	8-25	589	1063
Красногорский	9-15	188	334	501	322	689	835	30-42	813	2076

Удельную активность ^{137}Cs растительных и почвенных образцов измеряли на универсальном спектрометрическом комплексе «Гамма Плюс» (Россия), основная погрешность измерений не более 10% (Методические указания..., 1985).

Кратность снижения ^{137}Cs рассчитывали как отношение удельной активности ^{137}Cs в кормах, возделываемых без применения минерального удобрения, к удельной активности ^{137}Cs в кормах, полученных с применением удобрения.

Коэффициент перехода ^{137}Cs (КП) определяли как отношение удельной активности ^{137}Cs корма (Бк/кг) к плотности загрязнения ^{137}Cs почвы (кБк/м²): $\text{КП} = \text{Бк/кг} : \text{кБк/м}^2$.

Удельную активность ^{137}Cs молока рассчитывали через равновесный коэффициент перехода радионуклида в продукцию животноводства и произведение суточного поступления грубых кормов (5 кг), удельной активности ^{137}Cs корма (Фокин и др., 2011).

Исследования по изучению изменения почвенного плодородия, миграции ^{137}Cs по профилю почв и содержание микроэлементов в почвах поймы проводили в юго-западной части Брянской области в ландшафте поймы реки Ипуть. Ландшафт конкретной поймы образует прирусловую, центральную, притеррасную подсистемы, в которых обусловлены индивидуальные закономерности поступления, накопления, перемещения элементов (рис. 1.1).

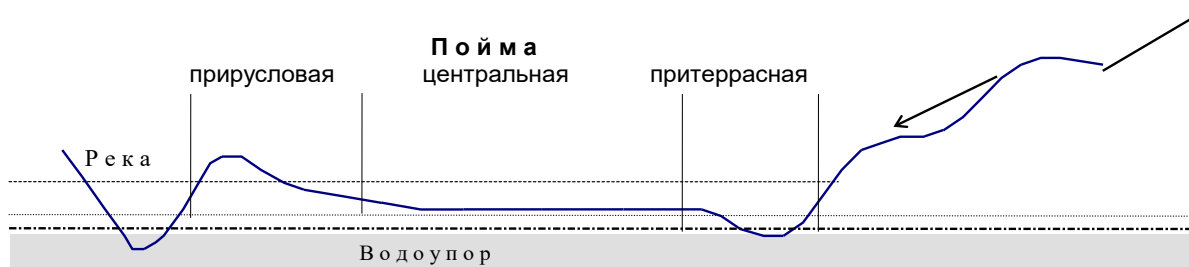


Рисунок 1.1 – Профиль типичного пойменного ландшафта (Prosyannikov et al., 2000)

На рисунке 1.2 отображено место отбора почвенных образцов, расположенное на левом берегу р. Ипуть, около с. Перевоз Новозыбковского района Брянской области. На данном участке проведены реабилитационные мероприятия по преодолению последствий аварии на Чернобыльской АЭС, плотность загрязнения ^{137}Cs в пределах 555-1480 кБк/м², мелиорационная система в хорошем состоянии.



Рисунок 1.2 – Расположение точек отбора почвенных образцов

В таблице 6.11 представлены аллювиальные почвы, которые соответствуют точкам отбора почвенных образцов.

В почвенных образцах по общепринятым методикам определяли содержание органического вещества, обменную кислотность, содержание подвижного фосфора и обменного калия, обменные формы кальция и магния (Практикум по агрохимии, 2001). Образцы почвы отбирались со стенки разреза.

Смесью концентрированных азотной и плавиковой кислоты с помощью микроволновой системы MARS 6 проводили разложение почв определения валового микроэлементов, которое определяли атомно-абсорбционным методом (прибор: Shimadzu-7000, Квант-Z.ЭТА, Методика М-МВИ 80-2008).

Степень изменчивости показателя, показывающий варьирование концентрации микроэлементов в почвах оценивали с использованием коэффициента вариации (Доспехов, 1985).

Степень концентрирования или рассеяния микроэлементов в почвах, рассчитывали через коэффициент кларк концентрации (КК).

Составлялись геохимические индексы в виде ранжированных дробных показателей, где перед дробью расположены значения около кларковых содержаний микроэлементов ($КК = 1,1-0,9$), в числителе расположены значения содержаний микроэлементов выше кларка ($КК > 1,1$), в знаменателе расположены значения содержаний микроэлементов ниже кларка ($КК < 0,9$) (Прохорова, 2004).

Статистическую обработку, корреляционный и дисперсионные анализы, полученных экспериментальных данных, проводили с использованием MS Excel 2016 и STATISTICA.

Для выявления почвенных факторов, связанных с распределением ^{137}Cs , использовали корреляционный анализ, количество пар при анализе равнялось 12.

В Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием при ФГБОУ ВО Брянский ГАУ выполнялись лабораторные анализы.

Анализ изменения плодородия почв и радиационной обстановки Брянской области и территории исследования выполнен на основе ежегодных мониторинговых наблюдений ФГБУ «Брянскагрохимрадиология».

Экономическую эффективность систем удобрения рассчитывали на основе типовых технологических карт и методики предложенной институтом почвоведения и агрохимии г. Минск (2010).

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Снижение продуктивности и устойчивости производства растениеводческой и животноводческой продукции, поголовья скота, затратность и неконкурентоспособность производства молока и говядины, дефицит кормов для животноводства, деградация агроландшафтов, пашни и кормовых угодий (эрозия, потеря гумуса) – являются хроническими проблемами сельскохозяйственного производства России (Трофимова и др., 2008; Трофимов и др., 2010; Трофимов и др., 2011; Косолапов, Трофимов, 2011; Косолапов и др., 2012; Кутузова, Степанищев, 2012; Семенов и др., 2016; Васильченко и др., 2020; Каверин и др., 2020).

В настоящее время развитие АПК должно обеспечить продовольственную безопасность страны, однако острая нехватка средств и материальных ресурсов, вынуждает сельскохозяйственных производителей базироваться на максимальном использовании биологических и экологических факторов, природно-климатических ресурсов (Кутузова и др., 2011; Кашеваров, 2016; Косолапов и др., 2018; Кутузова и др., 2018; Косолапов и др., 2020; Connel, Orias, 1964; Menges, 2000; Dyakov, Zhelev, 2013; Laivins, Cekstere, 2014).

Территория нашей страны большая, ей присуще разнообразие природно-климатических условий, почв, ландшафтов, которые являются важнейшими стратегическими ресурсами. Для создания сильного и устойчивого сельскохозяйственного производства необходимо использовать разнообразие ресурсов наилучшим образом, опираясь на природные особенности, адаптивные сорта и технологии управлять возобновляемыми ресурсами (Лапенко, Оганян, 2020). Особенно это актуально для территорий, подвергшихся техногенному загрязнению в результате различных аварий и катастроф (Божин, Чесалин, 2015; Санжарова и др., 2020; Чесалин и др., 2020).

Кормовые экологические системы (сенокосы и пастбища, многолетние и однолетние травы на пашне) в России располагаются на огромных площадях и играют значительную роль не только в кормопроизводстве, но и в рациональном природопользовании (Косолапов и др., 2014; Зверева и др., 2019). Являясь одним из основных компонентов биосферы, они оказывают большое влияние на экологическое состояние территории, выполняя важнейшие продукционные, средостабилизирующие и природоохранные функции в агроландшафтах. Однако необходимо обратить внимание, что некоторые территории кормовых угодий выведены из сельскохозяйственного оборота, так как производство экологически чистых кормов на них невозможно без применения специальных мероприятий (Воронов, Санжарова, 2017; Кузнецов и др., 2017; Панов и др., 2019).

Одним из ведущих стабилизирующих факторов, по средствам которого возможно санировать антропогенно нарушенные агроландшафты является кормопроизводство, которое занимает огромные площади сельскохозяйственных угодий. Многие деструктивные процессы, такие как эрозия, а также повышение плодородия почв и продуктивность культур позволяют устранить по средствам кормопроизводства, в результате высокой фитомелиоративной роли многолетних трав на пашне, сенокосах и пастбищах (Трофимов и др., 2011а; Трофимова, Кулаков, 2012; Косолапов и др., 2012а; Ларетин, 2013; Кисиль, Кисиль, 2017; Косолапов и др., 2018; Chytry, Tichy, 2003; Barthelemy, Caraglio, 2007).

Улучшенным продуктивным пастбищам принадлежит огромная роль, они позволяют расширенно воспроизводить крупный рогатый скот мясного скотоводства, восстанавливать поголовье овец. В структуре общих затрат удельный вес затрат на производство кормов при пастбищном типе содержания крупного рогатого скота снижается в 2 раза, с 60–65 до 30 %. Пастбищный тип содержания скота уменьшает энергозатраты в 6–7 раз, техники, труда и общие затраты на производимые корма – в 2–3 раза по сравнению со стойловым типом содержания, улучшает обменные процессы и, что особенно важно, воспроизводительные функции животных (Ларетин, 2011; Беляк, Тимошкин, 2012; Кутузова, Привалова, 2012; Бедарева и др., 2017; Беляк, Тимошкин, 2019).

Во многих развитых странах мира создание культурных пастбищ и сенокосов позволяет повысить продуктивность кормовых угодий, что ведет к увеличению производства продукции животноводства. В целях производства объемистых кормов для мясного и откормочного скота при улучшении природных кормовых угодий и залужении неиспользуемой пашни возможно повышение продуктивности сенокосов и пастбищ в 3–5 и более раз и получение с них дешёвого высококачественного корма, богатого энергией, белком и витаминами. Удорожаемость стоимости кормов в издержках производства молока и говядины остается нерешенной проблемой (Силаева, Алексеев, 2018; Ларетин и др., 2018; Солошенко, Векленко, 2019; Магомедов, Камиллов, 2021).

Увеличение посевных площадей, совершенствование видового и сортового состава культур, освоение ресурсосберегающих технологий их возделывания при адаптивной интенсификации региональных систем полевого кормопроизводства, позволяет увеличить в 2 раза на полевых ценозах валовое производство кормов (Шпаков, Бычков, 2010; Трофимов и др., 2018; Шпаков и др., 2020).

Повышение устойчивости сельскохозяйственных земель и плодородия почв, накопление гумуса и азота важнейшая средостабилизирующая роль кормопроизводства. Потери гумуса на пашне в настоящее время составляют 1–2,5 тонны на гектар в год. Посевы бобовых культур решают не только проблему кормового белка, но и повышают поступление в почву гумуса и биологического азота в 2 раза, с 210 до 420 тыс. тонн, тем самым повышая почвенное плодородие, а в результате, и продуктивность зерновых культур следующих за ними в севообороте (Шпаков, 2014; Конончук и др., 2019; Хонина, 2020).

Разработаны технологии заготовки объемистых кормов (сена, сенажа, силоса), повышение их качества на 15–25 % для обеспечения полноценного кормления скота до средней энергетической питательностью не менее 10 МДж ОЭ (0,80 корм. ед.) в 1 кг сухого вещества (вместо 8,4–8,6 МДж ОЭ в настоящее время), при содержании свыше 14 % сырого протеина. Целая система специальных препаратов, включающих биологические (ферментные, полиферментные, бактериальные), химические (органические и минеральные кислоты) и комплексные

(биологические и химические) используется для усовершенствования технологии консервирования многолетних трав. По переваримости питательных веществ, энергетической и протеиновой эта система консервантов обеспечивает приготовление кормов, равноценных исходной массе (Косолапов и др., 2008; Косолапов и др., 2009; Косолапов, Трофимов, 2012; Косолапов и др., 2013).

При ускоренном развитии сельского хозяйства России: растениеводства, земледелия и животноводства – стратегическим направлением является развитие кормопроизводства, которое обеспечивает самодостаточность производства продуктов питания и устойчивость агроэкосистем и агроландшафтов, а главное продовольственную безопасность страны. Также кормопроизводства необходимо для улучшения окружающей среды и здоровья нации, обеспечения рационального природопользования (Силаева и др., 2017; Трофимов, Трофимова, 2018; Косолапов, Отрошко, 2019; Силаева, 2021; Косолапов и др., 2021).

3.1. Влияние минеральных удобрений на урожайность многолетних трав и их окупаемость прибавкой урожая

Лугопастбищное хозяйство Российской Федерации обязано стать в ускоренном развитии скотоводства стратегическим базисом, в том числе и Брянской области (Чирков и др., 2012; Белоус, 2018). В ходе совещания по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья, которое проходило в Тверской области 28 июля 2016 года президент РФ, отметил, что якорными направлениями развития экономики развитие должны стать молочное и мясное животноводство. Обширные земельные ресурсы, кормовая база для этого имеются в Центральном Нечерноземье. Также им было подчеркнуто значение кормопроизводства на территориях сенокосов и пастбищ, а также в полевых ценозах (Совещание по развитию..., 2016).

Однако часть территории Центрального Нечерноземья пострадало от аварии на Чернобыльской АЭС, огромные территории выведены из сельскохозяйственного оборота, до сих пор сохраняется вероятность производства кормов не соответствующих допустимым уровням содержания ^{137}Cs . Это в первую очередь обу-

словлено наличием в почвенном покрове легких почв с низким естественным плодородием (Воробьев и др., 1993; Просянных и др., 2000; Алексахин, Лунёв, 2011; Сычев и др., 2016; Бокатуро и др., 2020).

Поэтому в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС необходимо внесение калийного удобрения (Белоус и др., 2010; Белоус и др., 2011; Минеев и др., 2017), которое уменьшает переход радионуклидов из почвы в зеленые корма (Шаповалов и др., 2015).

Природно-климатические условия юго-запада Брянской области в период исследований с 2003 по 2008 годы обеспечивали получение урожая зеленой массы естественного травостоя в среднем соответственно 5,0 и 2,0 т/га первого и второго укосов (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Влияние минеральных удобрений и мероприятий улучшения заливного луга на урожайность зеленой массы в период с 2003 по 2008 годы, т/га

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой				V, %	
				поверхностное улучшение		коренное улучшение			
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос		
Контроль		5,0	2,0	5,9	2,7	6,0	3,0	9,8	20,0
P ₉₀ K ₆₀	K ₆₀	12,0	4,8	12,1	6,3	10,8	8,5	6,2	28,5
P ₁₂₀ K ₉₀	K ₉₀	12,1	5,7	12,7	7,3	11,1	9,4	6,8	24,9
*V _I , %		42,0	46,3	36,8	44,5	30,8	49,7	—	—
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	25,2	13,4	28,3	15,2	30,5	15,7	9,5	8,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₆₀ K ₉₀	23,4	13,2	24,9	15,7	23,8	16,7	3,2	11,9
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	N ₆₀ K ₁₂₀	22,4	12,7	26,9	18,1	23,1	17,9	10,0	18,9
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₉₀	N ₉₀ K ₉₀	28,9	14,6	30,7	18,2	31,7	17,9	4,7	11,8
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₃₅	N ₉₀ K ₁₃₅	24,5	13,3	28,2	16,3	29,2	16,6	9,1	11,8
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₉₀ K ₁₈₀	25,4	13,9	27,9	16,8	28,7	16,8	6,3	10,6
V ₂ , %		35,4	37,0	34,3	36,8	35,9	35,6	—	—
V ₃ , %		40,7	46,2	41,5	45,2	45,2	39,1	—	—
HCP ₀₅		4,9	4,8	3,8	4,7	4,8	3,0	—	

*Примечание: V₁ – коэффициент вариации при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения; V₂ – коэффициент вариации при применении полного и азотно-калийного удобрения; V₃ – коэффициент вариации исследуемых систем удобрения.

Продуктивность зеленой массы естественного травостоя зависела, как от погодных условий, так и от времени уборки урожая, урожайность периода первого была выше второго укоса. Поверхностное улучшение заливного луга, по средствам

применения гербицида раундап, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай зеленой массы сеяного травостоя в среднем соответственно 5,9 и 2,7 т/га первого и второго укоса. Применение вспашки обычным плугом при коренном улучшении заливного луга и последующий посев мятликовой травосмеси обеспечивали получение урожая зеленой массы сеяного травостоя в среднем за годы исследования соответственно 6,0 и 3,0 т/га первого и второго укоса.

Установили, что изменчивость урожайности зеленой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав в период первого укоса была незначительна (9,8 %), а в период второго укоса – средней (20,0 %) (табл. 3.1).

Использование возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ под первый укос и калийного от K_{60} до K_{90} под второй укос на естественном лугу достоверно увеличивает в 2,4 раза урожайность зеленой массы первого укоса в сравнении с контролем, на втором укосе наблюдали тенденцию к увеличению до 5,7 т/га. Использование возрастающих доз фосфорно-калийного от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ под первый укос и калийного удобрения от K_{60} до K_{90} под второй укос при поверхностном улучшении естественного луга достоверно увеличивает в 2,4 раза урожайность зеленой массы первого укоса в сравнении с контролем, на втором укосе наблюдали тенденцию к увеличению до 7,3 т/га. Использование возрастающих доз фосфорно-калийного от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ под первый укос и калийного удобрения от K_{60} до K_{90} под второй укос при коренном улучшении естественного луга достоверно увеличивает соответственно в 1,9 и 3,1 раза урожайность зеленой массы первого и второго укоса в сравнении с контролем.

Установили, что изменчивость урожайности зеленой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав и применения под первый укос фосфорно-калийного минерального удобрения была незначительна. Значительная изменчивость урожайности под действием минерального удобрения и мероприятий улучшения обнаружена только в период второго укоса (табл. 3.1).

Выявили значительную изменчивость от 30 до 50 % урожайности зеленой массы первого и второго укосов под действием соответственно фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения.

Использование полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы соответственно в 5,0 и 6,7 раз первого и второго укосов в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях поверхностного улучшения заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы соответственно в 4,8 и 5,6 раз первого и второго укосов в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы соответственно в 5,1 и 5,2 раз первого и второго укосов в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различном улучшении заливного луга действие данных доз на изменение урожайности было незначительным, коэффициент вариации был меньше 10 %. При увеличении калийного удобрения от K_{60} до K_{120} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и в дозе азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали тенденцию к снижению урожайности зеленой массы первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{60}P_{90}K_{60}$ и $N_{60}K_{60}$, при этом в сравнении с контролем увеличение было достоверным. Наблюдали аналогичную тенденцию изменение урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. При различном улучшении заливного луга действие одинаковых доз минерального удобрения на изменение урожайности первого укоса было незначительным, а второго укоса – средним.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы соответственно в 5,8 и 7,3 раз первого и второго укосов в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях поверхностного улучшения заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы соответственно в 5,2 и 6,7 раз первого и второго укосов в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы соответственно в 5,3 и 6,0 раз первого и второго укосов в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различном улучшении заливного луга действие данных доз на изменение урожайности было незначительным в период первого укоса и средним в период второго укоса. При увеличении в дозе полного минерального удобрения под первый укос и азотно-калийного удобрения под второй укос калийного удобрения от K_{90} до K_{180} наблюдали тенденцию к снижению урожайности зеленой массы первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{90}P_{120}K_{90}$ и $N_{90}K_{90}$, при этом в сравнении с контролем увеличение было достоверным. Наблюдали аналогичную тенденцию изменение урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. При различном улучшении заливного луга действие одинаковых доз минерального удобрения на изменение урожайности первого укоса было незначительным, а второго укоса – средним.

Выявили значительную изменчивость урожайности зеленой массы под действием полного минерального и азотно-калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос (табл. 3.1).

В период с 2003 по 2008 годы исследования нами установлено, что корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 60 до 120 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью зеленой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,07 до 0,59, то есть зависимость между признаками была от слабой до средней (табл. 3.2).

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 90 до 180 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью зеленой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,06 до 0,50, то есть зависимость между признаками была от слабой до средней.

Таблица 3.2 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и урожайность зеленой массы травостоя в период с 2003 по 2008 годы

Вид травостоя / дозы удобрения		Коэффициент корреляции (n=18)	
		1 укос	2 укос
<i>Дозы калийного удобрения от K₆₀ до K₁₂₀</i>		<i>фон N₆₀P₉₀</i>	<i>фон N₆₀</i>
Естественный травостой		0,31	0,07
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,16	0,25
	коренное улучшение	0,59	0,32
<i>Дозы калийного удобрения от K₉₀ до K₁₈₀</i>		<i>фон N₉₀P₁₂₀</i>	<i>фон N₉₀</i>
Естественный травостой		0,27	0,06
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,50	0,14
	коренное улучшение	0,24	0,15
<i>Дозы азотного удобрения от N₀ до N₉₀</i>		—	<i>фон K₉₀</i>
Естественный травостой		—	0,72
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	—	0,81
	коренное улучшение	—	0,84

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 0 до 90 кг д.в. азотного удобрения по фону калийного удобрения и урожайностью зеленой массы второго укоса естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,72 до 0,84, то есть зависимость между признаками была сильной (табл. 3.2).

Наименьшую окупаемость прибавки урожайности зеленой массы естественного и сеяного травостоя обуславливает применение фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{120}K_{90}$ в зависимости от мероприятий по улучшению кормового угодья она колебалась от 24,3 до 33,8 кг на кг д. в. минерального удобрения (табл. 3.3).

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ в условиях заливных лугов обуславливает наибольшую окупаемость прибавки урожайности зеленой массы естественного и сеяного травостоя и в зависимости от мероприятий по улучшению кормового угодья колеблется от 96,2 до 116,7 кг на кг д. в. минерального удобрения.

Установили, что повышение доз калийного удобрения в составе полного и азотно-калийного удобрения ведет к снижению окупаемости прибавки урожая зеленой массы естественного и сеяного травостоя кормовых угодий (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая зеленой массы заливного луга в зависимости от мероприятий улучшения в период с 2003 по 2008 год, кг/кг д.в.

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой			
				поверхностное улучшение		коренное улучшение	
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль		—	—	—	—	—	—
$P_{90}K_{60}$	K_{60}	46,7	46,7	41,3	60,0	32,0	91,7
$P_{120}K_{90}$	K_{90}	33,8	41,1	32,4	51,1	24,3	71,1
$N_{60}P_{90}K_{60}$	$N_{60}K_{60}$	96,2	95,0	106,7	104,2	116,7	105,8
$N_{60}P_{90}K_{90}$	$N_{60}K_{90}$	76,7	74,7	79,2	86,7	74,2	91,3
$N_{60}P_{90}K_{120}$	$N_{60}K_{120}$	64,4	59,4	77,8	85,6	63,3	82,8
$N_{90}P_{120}K_{90}$	$N_{90}K_{90}$	79,7	70,0	82,7	86,1	85,7	82,8
$N_{90}P_{120}K_{135}$	$N_{90}K_{135}$	56,5	50,2	64,6	60,4	67,2	60,4
$N_{90}P_{120}K_{180}$	$N_{90}K_{180}$	52,3	44,1	56,4	52,2	58,2	51,1

Природно-климатические условия юго-запада Брянской области в период исследований с 2009 по 2014 годы обеспечили получения урожая зеленой массы естественного травостоя в среднем соответственно 4,6 и 2,3 т/га первого и второго укоса. Продуктивность зеленой массы естественного травостоя зависела, как от погодных условий, так и от времени уборки урожая, урожайность в период первого укоса была

выше второго. Поверхностное улучшение заливного луга, по средствам применения гербицида раундап, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай зеленой массы сеяного травостоя в среднем соответственно 6,3 и 2,4 т/га первого и второго укоса. Коренное улучшение заливного луга, по средствам применения вспашки обычным плугом, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай зеленой массы сеяного травостоя в среднем соответственно 6,5 и 2,5 т/га первого и второго укоса (табл. 3.4, прил. 7-12).

Установили, что изменчивость урожайности зеленой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав в период первого укоса была средняя (18,0 %), а в период второго укоса – незначительная (4,2 %) (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Влияние минеральных удобрений и мероприятий улучшения заливного луга на урожайность зеленой массы в период с 2009 по 2014 годы, т/га

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой				V, %	
				поверхностное улучшение		коренное улучшение			
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос		
Контроль		4,6	2,3	6,3	2,4	6,5	2,5	18,0	4,2
P ₆₀ K ₄₅	K ₄₅	11,4	4,5	13,2	5,5	13,3	5,6	8,5	11,7
P ₆₀ K ₆₀	K ₆₀	12,1	5,7	14,5	6,6	14,3	6,5	9,8	7,9
*V ₁ , %		44,2	41,4	38,9	45,1	37,3	43,1	—	—
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	N ₄₅ K ₄₅	18,9	9,3	22,5	10,8	23,6	11,2	11,3	9,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₅ K ₆₀	19,5	9,8	23,3	11,2	24,9	11,8	12,3	9,4
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	N ₄₅ K ₇₅	20,3	10,4	26,2	12,4	27,9	12,8	16,1	10,8
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	22,6	11,6	27,5	13,6	28,1	14,3	11,6	10,6
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ K ₇₅	24,1	12,6	29,2	14,4	30,0	15,0	11,5	8,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₆₀ K ₉₀	25,4	13,3	30,8	15,1	31,7	15,7	11,6	8,5
V ₂ , %		35,8	36,9	34,7	37,5	34,4	37,5	—	—
V ₃ , %		39,0	43,2	38,8	43,1	39,4	43,9	—	—
HCP ₀₅		5,3	3,1	6,6	4,6	6,2	4,7	—	

* Примечание: V₁ – коэффициент вариации при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения; V₂ – коэффициент вариации при применении полного и азотно-калийного удобрения; V₃ – коэффициент вариации исследуемых систем удобрения.

Использование на естественном лугу возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от P₆₀K₄₅ до P₆₀K₆₀ под первый укос и от K₄₅ до K₆₀ под второй укос позволяет достоверно увеличивать урожай-

ность зеленой массы соответственно первого и второго укоса в 2,6 и 2,5 раза в сравнении с контролем. Применение на поверхностно улучшенном заливном лугу возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ под первый укос и от K_{45} до K_{60} под второй укос позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого укоса в 2,3 раза в сравнении с контролем. В период второго укоса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности до 6,6 т/га. Применение при коренном улучшении заливного луга возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ под первый укос и от K_{45} до K_{60} под второй укос позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого укоса в 2,2 раза в сравнении с контролем. В период второго укоса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности до 6,5 т/га.

Установили, что изменчивость урожайности зеленой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав и применения фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения под первый и второй укос была незначительна (табл. 3.4).

Выявили значительную изменчивость от 37,3 до 45,1 % урожайности зеленой массы под действием фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{45}K_{45}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого и второго укосов соответственно в 4,1 и 4,0 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{45}K_{45}$ под второй укос при поверхностном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого и второго укосов соответственно в 3,6 и 4,5 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{45}K_{45}$ под второй укос при корен-

ном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого и второго укосов соответственно в 3,6 и 4,5 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие данных доз на изменение урожайности первого и второго укосов было незначительным.

При увеличении доз калийного удобрения от K_{45} до K_{75} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и в дозе азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали тенденцию к увеличению урожайности зеленой массы естественного травостоя первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{45}P_{60}K_{45}$ и $N_{45}K_{45}$. Наблюдали аналогичную тенденцию изменения урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в системе удобрения под первый и второй укосы при поверхностном и коренном улучшении заливного луга, но в другом количественном выражении. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие одинаковых доз минерального удобрения на изменение урожайности первого укоса было средним, а второго укоса – незначительным.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого и второго укосов соответственно в 4,9 и 5,0 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос при поверхностном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого и второго укосов соответственно в 4,4 и 5,7 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы первого и второго укосов соответственно в 4,3 и 5,7 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различных мероприятиях улучшения за-

ливных лугов действие данных доз на изменение урожайности было средним в период первого укоса и незначительным в период второго укоса.

При увеличении доз калийного удобрения от K_{60} до K_{90} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали тенденцию к увеличению урожайности зеленой массы естественного травостоя первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}K_{60}$. Наблюдали аналогичную тенденцию изменения урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие одинаковых доз минерального удобрения на изменение урожайности первого укоса было средним, а второго укоса – незначительным.

Выявили значительную изменчивость урожайности зеленой массы под действием полного минерального и азотно-калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос (табл. 3.4).

Таблица 3.5 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и урожайность зеленой массы травостоя в период с 2009 по 2014 годы

Вид травостоя / дозы удобрения		Коэффициент корреляции (n=18)	
		1 укос	2 укос
<i>Дозы калийного удобрения от K_{45} до K_{75}</i>		<i>фон $N_{45}P_{60}$</i>	<i>фон N_{45}</i>
Естественный травостой		0,13	0,18
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,24	0,16
	коренное улучшение	0,32	0,14
<i>Дозы калийного удобрения от K_{60} до K_{90}</i>		<i>фон $N_{60}P_{60}$</i>	<i>фон N_{60}</i>
Естественный травостой		0,21	0,22
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,22	0,15
	коренное улучшение	0,25	0,14
<i>Дозы азотного удобрения от N_0 до N_{60}</i>		<i>фон $K_{60}P_{60}$</i>	<i>фон K_{60}</i>
Естественный травостой		0,71	0,72
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,73	0,62
	коренное улучшение	0,80	0,66

Нашими исследованиями установлено, что в период с 2009 по 2014 годы корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 45 до 75 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью зеленой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от перио-

да уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,13 до 0,24, то есть зависимость между признаками была слабой (табл. 3.5).

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 60 до 90 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью зеленой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,14 до 0,25, то есть зависимость между признаками была слабой.

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 0 до 60 кг д.в. азотного удобрения по фону фосфорно-калийного и калийного удобрения и урожайностью зеленой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,66 до 0,80, то есть зависимость между признаками была сильной (табл. 3.5).

Наименьшая окупаемость 62,5 прибавки урожая зеленой массы первого укоса естественного травостоя обуславливает применение фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{60}$. При улучшении кормового угодья, наименьшая окупаемость 64,8-65,7 прибавки урожая зеленой массы первого укоса сеяного травостоя обусловлена применением фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{45}$ (табл. 3.6).

Таблица 3.6 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая зеленой массы заливного луга в зависимости от мероприятий улучшения в период с 2009 по 2014 годы, кг/кг д.в.

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой			
				поверхностное улучшение		коренное улучшение	
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль		—	—	—	—	—	—
$P_{60}K_{45}$	K_{45}	64,8	48,9	65,7	68,9	64,8	68,9
$P_{60}K_{60}$	K_{60}	62,5	56,7	68,3	70,0	65,0	66,7
$N_{45}P_{60}K_{45}$	$N_{45}K_{45}$	95,3	77,8	108,0	93,3	114,0	96,7
$N_{45}P_{60}K_{60}$	$N_{45}K_{60}$	90,3	71,4	103,0	83,8	111,5	88,6
$N_{45}P_{60}K_{75}$	$N_{45}K_{75}$	87,2	67,5	110,6	83,3	118,9	85,8
$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{60}K_{60}$	100,0	77,5	117,8	93,3	120,0	98,3
$N_{60}P_{60}K_{75}$	$N_{60}K_{75}$	100,0	76,3	117,4	88,9	120,5	92,6
$N_{60}P_{60}K_{90}$	$N_{60}K_{90}$	99,0	73,3	116,7	84,7	120,0	88,0

Наименьшая окупаемость от 48,9 до 68,9 прибавки урожая зеленой массы второго укоса естественного и сеяного травостоя обуславливает применение калийного удобрения в дозе K_{45} .

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{75}$ в условиях заливных лугов обуславливает наибольшую окупаемость прибавки урожайности зеленой массы естественного и сеяного травостоя и в зависимости от мероприятий по улучшению кормового угодья колеблется от 100,0 до 120,5.

Установили, что повышение доз калийного удобрения в составе полного и азотно-калийного удобрения ведет к снижению окупаемости прибавки урожай зеленой массы естественного и сеяного травостоя кормовых угодий (табл. 3.6).

Природно-климатические условия юго-запад Брянской области в период исследований с 2003 по 2008 годы позволяют получать урожай воздушно-сухой массы естественного травостоя в среднем соответственно 1,4 и 0,6 т/га первого и второго укоса. Продуктивность воздушно-сухой массы естественного травостоя зависела, как от погодных условий, так и от времени уборки урожая, урожайность в период первого укоса была выше второго. Поверхностное улучшение заливного луга, по средствам применения гербицида раундап, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя в среднем соответственно 1,8 и 0,9 т/га первого и второго укоса (табл. 3.7, прил. 13-18).

Коренное улучшение заливного луга, по средствам применения вспашки обычным плугом, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя в среднем соответственно 1,8 и 1,0 т/га первого и второго укоса. Установили, что изменчивость урожайности воздушно-сухой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав в период первого укоса была средняя (13,0 %), а в период второго укоса – значительная (25,0 %).

Применение на естественном лугу возрастающих доз от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ фосфорно-калийного и от K_{60} до K_{90} калийного удобрения соответственно под первый и второй укос позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого укоса в 2,4 в сравнении с контролем, в период второго укоса

наблюдали тенденцию к увеличению урожайности до 1,7 т/га. Применение на поверхностно улучшенном заливном лугу возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ под первый укос и от K_{60} до K_{90} под второй укос позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого укоса в 2,2 раза в сравнении с контролем. В период второго укоса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности до 2,3 т/га. Применение при коренном улучшении заливного луга возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ под первый укос и от K_{60} до K_{90} под второй укос позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы второго укоса в 2,5 раза в сравнении с контролем. В период первого укоса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности до 3,3 т/га.

Таблица 3.7 – Влияние минеральных удобрений и мероприятий улучшения на урожайность воздушно-сухой массы заливного луга в период с 2003 по 2008 годы, т/га

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой				V, %	
				поверхностное улучшение		коренное улучшение			
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос		
Контроль		1,4	0,6	1,8	0,9	1,8	1,0	13,9	25,0
P ₉₀ K ₆₀	K ₆₀	3,1	1,5	3,6	2,0	3,1	2,4	8,8	22,9
P ₁₂₀ K ₉₀	K ₉₀	3,4	1,7	3,9	2,3	3,3	2,5	9,1	19,2
*V _I , %		41,0	46,3	36,6	42,5	29,8	42,6	—	—
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	5,7	3,4	8,1	4,1	8,2	4,5	19,3	13,9
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₆₀ K ₉₀	6,0	3,3	6,9	4,2	6,5	4,4	7,0	14,8
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	N ₆₀ K ₁₂₀	5,8	3,2	6,8	4,1	6,3	4,6	7,9	17,9
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₉₀	N ₉₀ K ₉₀	7,6	4,0	8,6	4,7	8,7	4,9	7,3	10,4
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₃₅	N ₉₀ K ₁₃₅	6,1	3,4	7,8	4,3	7,7	4,4	13,2	13,7
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₉₀ K ₁₈₀	6,3	3,5	7,7	4,2	7,4	4,3	10,3	10,9
V ₂ , %		34,9	36,4	33,8	34,0	34,7	33,5	—	—
V ₃ , %		39,0	42,4	39,3	38,9	42,7	36,9	—	—
HCP ₀₅		1,4	1,4	1,7	1,6	1,7	1,2	—	

* Примечание: V_1 – коэффициент вариации при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения; V_2 – коэффициент вариации при применении полного и азотно-калийного удобрения; V_3 – коэффициент вариации исследуемых систем удобрения.

Установили, что изменчивость урожайности воздушно-сухой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних

трав и применения фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения под первый укос была незначительна, а под второй – средняя (табл. 3.7).

Выявили значительную изменчивость от 29,8 до 46,3 % урожайности воздушно-сухой массы под действием фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,1 и 5,7 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос при поверхностном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,5 и 4,6 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос при коренном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,6 и 4,5 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие данных доз на изменение урожайности первого и второго укосов было средним.

При увеличении доз калийного удобрения от K_{60} до K_{120} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и в дозе азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали тенденцию к увеличению урожайности воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в сравнении с $N_{60}P_{90}K_{60}$ и к снижению урожайности второго укоса в сравнении с $N_{60}K_{60}$. Наблюдали обратную тенденцию изменения урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в системе удобрения под первый и второй укосы при поверхностном и коренном улучшении заливного луга, но в другом количественном выражении. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие одинаковых

доз минерального удобрения на изменение урожайности первого укоса было или средним или незначительным, а второго укоса – средним.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 5,4 и 6,7 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос при поверхностном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,8 и 5,2 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,8 и 4,9 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие данных доз на изменение урожайности было незначительным в период первого и второго укосов.

При увеличении доз калийного удобрения от K_{90} до K_{180} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали тенденцию к снижению урожайности воздушно-сухой массы естественного травостоя первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{90}P_{120}K_{90}$ и $N_{90}K_{90}$. Наблюдали аналогичную тенденцию изменения урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие одинаковых доз минерального удобрения на изменение урожайности первого и второго укосов было средним.

Выявили значительную изменчивость урожайности воздушно-сухой массы под действием полного минерального и азотно-калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос (табл. 3.7).

В период с 2003 по 2008 годы исследования нами установлено, что корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 60 до 120 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,03 до 0,42, то есть зависимость между признаками была слабой или средней (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и урожайность воздушно-сухой массы травостоя в период с 2003 по 2008 годы

Вид травостоя / дозы удобрения		Коэффициент корреляции (n=18)	
		1 укос	2 укос
<i>Дозы калийного удобрения от K₆₀ до K₁₂₀</i>		<i>фон N₆₀P₉₀</i>	<i>фон N₆₀</i>
Естественный травостой		0,03	0,05
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,34	0,31
	коренное улучшение	0,42	0,04
<i>Дозы калийного удобрения от K₉₀ до K₁₈₀</i>		<i>фон N₉₀P₁₂₀</i>	<i>фон N₉₀₀</i>
Естественный травостой		0,47	0,15
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,25	0,15
	коренное улучшение	0,36	0,23
<i>Дозы азотного удобрения от N₀ до N₉₀</i>		–	<i>фон K₉₀</i>
Естественный травостой		–	0,69
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	–	0,60
	коренное улучшение	–	0,75

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 90 до 180 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,15 до 0,47, то есть зависимость между признаками была слабой или средней.

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами азотного удобрения от 0 до 90 кг д.в. по фону фосфорно-калийного и калийного удобрения и урожайностью воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колеба-

лась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья колебалась в пределах от 0,60 до 0,75, то есть зависимость между признаками была сильной (табл. 3.8).

Наименьшая окупаемость 8,7-10,0 прибавки урожая воздушно-сухой массы первого укоса естественного сеяного травостоя обуславливает применение фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{120}K_{90}$. Наименьшая окупаемость от 10,0 до 12,2 прибавки урожая воздушно-сухой массы второго укоса естественного и сеяного травостоя обуславливает применение азотно-калийного удобрения в дозе $N_{90}K_{180}$ (табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая воздушно-сухой массы заливного луга в зависимости от мероприятий улучшения в период с 2003 по 2008 годы, кг/кг д.в.

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой			
				поверхностное улучшение		коренное улучшение	
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль		—	—	—	—	—	—
$P_{90}K_{60}$	K_{60}	11,3	15,0	12,0	18,3	8,7	23,3
$P_{120}K_{90}$	K_{90}	9,5	12,2	10,0	15,6	7,1	16,7
$N_{60}P_{90}K_{60}$	$N_{60}K_{60}$	20,5	23,3	30,0	26,7	30,5	29,2
$N_{60}P_{90}K_{90}$	$N_{60}K_{90}$	19,2	18,0	21,3	22,0	19,6	22,7
$N_{60}P_{90}K_{120}$	$N_{60}K_{120}$	16,3	14,4	18,5	17,8	16,7	20,0
$N_{90}P_{120}K_{90}$	$N_{90}K_{90}$	20,7	18,9	22,7	21,1	23,0	21,7
$N_{90}P_{120}K_{135}$	$N_{90}K_{135}$	13,6	12,4	17,4	15,1	17,1	15,1
$N_{90}P_{120}K_{180}$	$N_{90}K_{180}$	12,6	10,7	15,1	12,2	14,4	12,2

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ в условиях заливных лугов обуславливает наибольшую окупаемость прибавки урожайности воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя и в зависимости от мероприятий по улучшению кормового угодья колеблется от 20,5 до 30,5.

Природно-климатические условия юго-запад Брянской области в период исследований с 2009 по 2014 годы позволяют получать урожай воздушно-сухой массы естественного травостоя в среднем соответственно 1,2 и 0,6 т/га первого и второго укоса. Продуктивность воздушно-сухой массы естественного травостоя

завесила, как от погодных условий, так и от времени уборки урожая, урожайность в период первого укоса была выше второго. Поверхностное улучшение заливного луга, по средствам применения гербицида раундап, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя в среднем соответственно 1,5 и 0,6 т/га первого и второго укоса. Коренное улучшение заливного луга, по средствам применения вспашки обычным плугом, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя в среднем соответственно 1,5 и 0,6 т/га первого и второго укоса (табл. 3.10, прил. 19-24).

Таблица 3.10 – Влияние минеральных удобрений и мероприятий улучшения на урожайность воздушно-сухой массы заливного луга в период с 2009 по 2014 годы, т/га

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой				V, %	
				поверхностное улучшение		коренное улучшение			
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос		
Контроль		1,2	0,6	1,5	0,6	1,5	0,6	12,4	0,0
P ₆₀ K ₄₅	K ₄₅	2,7	1,2	3,0	1,3	2,9	1,3	5,3	4,6
P ₆₀ K ₆₀	K ₆₀	3,1	1,4	3,5	1,6	3,4	1,5	6,2	6,7
*V ₁ , %		42,9	39,0	39,0	44,0	37,9	41,7	—	—
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	N ₄₅ K ₄₅	4,8	2,2	5,3	2,5	5,5	2,6	6,9	8,6
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₅ K ₆₀	4,9	2,3	5,3	2,6	5,7	2,7	7,5	8,2
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	N ₄₅ K ₇₅	5,4	2,5	5,8	2,9	6,4	2,9	8,6	8,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	5,6	2,8	6,3	3,2	6,6	3,2	8,3	7,5
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ K ₇₅	5,9	3,0	6,6	3,0	7,0	3,4	8,6	7,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₆₀ K ₉₀	6,2	3,2	7,0	3,5	7,3	3,6	8,3	6,1
V ₂ , %		34,8	36,3	34,0	36,4	34,4	36,9	—	—
V ₃ , %		38,5	41,5	37,7	41,3	39,8	43,1	—	—
HCP ₀₅		2,2	0,8	1,6	1,1	1,5	1,1	—	

* Примечание: V₁ – коэффициент вариации при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения; V₂ – коэффициент вариации при применении полного и азотно-калийного удобрения; V₃ – коэффициент вариации исследуемых систем удобрения.

Установили, что изменчивость урожайности воздушно-сухой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав в период первого укоса была средняя (13,0 %), а в период второго укоса – незначительная (0,0 %) (табл. 2.10).

Применение на естественном лугу возрастающих доз от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ фосфорно-калийного и от K_{45} до K_{60} калийного удобрения соответственно под первый и второй укос ведет в тренду увеличения урожайности воздушно-сухой массы первого и второго укосов до 3,1 и до 1,4 т/га. Применение на поверхностно улучшенном заливном лугу возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ под первый укос и от K_{45} до K_{60} под второй укос позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого укоса в 2,3 раза в сравнении с контролем. В период второго укоса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности до 1,6 т/га. Применение при коренном улучшении заливного луга возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ под первый укос и от K_{45} до K_{60} под второй укос позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы второго укоса в 2,3 раза в сравнении с контролем. В период первого укоса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности до 1,5 т/га.

Установили, что изменчивость урожайности воздушно-сухой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав и применения фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения под первый и второй укосы была незначительна. Выявили значительную изменчивость от 37,9 до 44,0 % урожайности воздушно-сухой массы под действием фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос (табл. 3.10).

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{45}K_{45}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,0 и 3,7 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{45}K_{45}$ под второй укос при поверхностном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 3,5 и 4,2 раз в сравнении с вариантом без применения

минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{45}K_{45}$ под второй укос при коренном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 3,7 и 4,3 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие данных доз на изменение урожайности первого и второго укосов было незначительным.

При увеличении доз калийного удобрения от K_{45} до K_{75} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и в дозе азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали тенденцию к увеличению урожайности воздушно-сухой массы естественного травостоя первого и второго укосов в сравнении соответственно с $N_{45}P_{60}K_{45}$ и $N_{45}K_{45}$. Наблюдали аналогичную тенденцию изменения урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в системе удобрения под первый и второй укосы при поверхностном и коренном улучшении заливного луга, но в другом количественном выражении. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие одинаковых доз минерального удобрения на изменение урожайности первого и второго укосов было незначительным.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,6 и 4,7 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос при поверхностном улучшении заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,2 и 5,3 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет до-

стоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,4 и 5,3 раз в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие данных доз на изменение урожайности было незначительным в период первого и второго укосов.

При увеличении доз калийного удобрения от K_{60} до K_{90} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали тенденцию к увеличению урожайности воздушно-сухой массы естественного травостоя первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}K_{60}$. Наблюдали аналогичную тенденцию изменение урожайности под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. При различных мероприятиях улучшения заливных лугов действие одинаковых доз минерального удобрения на изменение урожайности первого и второго укосов было незначительным.

Выявили значительную изменчивость урожайности воздушно-сухой массы под действием полного минерального и азотно-калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос (табл. 3.10).

Нашими исследованиями установлено, что в период с 2009 по 2014 годы корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 45 до 75 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,12 до 0,28, то есть зависимость между признаками была слабой (табл. 3.11).

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 60 до 90 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и урожайностью воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кор-

мового угодья в пределах от 0,12 до 0,19, то есть зависимость между признаками была слабой.

Таблица 3.11 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и урожайность воздушно-сухой массы травостоя в период с 2009 по 2014 годы

Вид травостоя / дозы удобрения		Коэффициент корреляции (n=18)	
		1 укос	2 укос
<i>Дозы калийного удобрения от K₄₅ до K₇₅</i>		<i>фон N₄₅P₆₀</i>	<i>фон N₄₅</i>
Естественный травостой		0,12	0,20
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,14	0,15
	коренное улучшение	0,28	0,13
<i>Дозы калийного удобрения от K₆₀ до K₉₀</i>		<i>фон N₆₀P₆₀</i>	<i>фон N₆₀</i>
Естественный травостой		0,12	0,19
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,19	0,12
	коренное улучшение	0,18	0,15
<i>Дозы азотного удобрения от N₀ до N₆₀</i>		<i>фон K₆₀P₆₀</i>	<i>фон K₆₀</i>
Естественный травостой		0,52	0,66
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,68	0,60
	коренное улучшение	0,76	0,63

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 0 до 60 кг д.в. азотного удобрения по фону фосфорно-калийного и калийного удобрения и урожайностью воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья колебалась в пределах от 0,52 до 0,76, то есть зависимость между признаками была средней или сильной (табл. 3.11).

Наименьшая окупаемость 13,3-14,3 прибавки урожая воздушно-сухой массы первого укоса естественного и сеяного травостоя обуславливает применение фосфорно-калийного удобрения в дозе P₆₀K₄₅. Наименьшая окупаемость от 13,3 до 15,6 прибавки урожая воздушно-сухой массы второго укоса естественного и сеяного травостоя обуславливает применение азотно-калийного удобрения в дозе K₄₅.

Применение полного минерального удобрения в дозе N₆₀P₉₀K₆₀ в условиях заливных лугов обуславливает наибольшую окупаемость прибавки урожайности воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя и в зависимости от мероприятий по улучшению кормового угодья колеблется от 24,4 до 28,3 (табл. 3.12).

Таблица 3.12 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая воздушно-сухой массы заливного луга в зависимости от мероприятий улучшения в период с 2009 по 2014 годы, кг/кг д.в.

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой			
				поверхностное улучшение		коренное улучшение	
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль		–	–	–	–	–	–
P ₆₀ K ₄₅	K ₄₅	14,3	13,3	14,3	15,6	13,3	15,6
P ₆₀ K ₆₀	K ₆₀	15,8	13,3	16,7	16,7	15,8	15,0
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	N ₄₅ K ₄₅	24,0	17,8	25,3	21,1	26,7	22,2
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₅ K ₆₀	22,4	16,2	23,0	19,0	25,5	20,0
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	N ₄₅ K ₇₅	23,3	15,8	23,9	19,2	27,2	19,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	24,4	18,3	26,7	21,7	28,3	21,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ K ₇₅	24,1	17,8	26,2	17,8	28,2	20,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₆₀ K ₉₀	23,8	17,3	26,2	19,3	27,6	20,0

Природно-климатические ресурсы юго-запада Брянской области дают возможность получать урожай зеленой массы одновидовых посевов в среднем от 5,8 до 23,1 т/га в зависимости от семейства и вида культуры (табл. 3.13). Колебание продуктивности кормовых культур зависит, как от погодных условий, так и от биологических особенностей кормовой культуры.

Таблица 3.13 – Урожайность зеленой массы кормовых культур, т/га

Культура / почва	Среднее	Отклонение ±		
<i>Аллювиальная дерновая оглееная</i>		<i>2009 г.</i>	<i>2010 г.</i>	<i>2011 г.</i>
ежа сборная	5,9	– 1,4	0,9	0,6
овсяница луговая	5,8	– 1,5	0,9	0,5
двукосточник тростниковый	6,1	– 1,6	0,8	0,8
<i>Дерново-подзолистая песчаная</i>		<i>2011 г.</i>	<i>2012 г.</i>	<i>2013 г.</i>
люпин желтый	23,1	– 7,8	3,6	4,2
овес	7,8	– 1,5	0,9	0,5
райграс однолетний	7,2	1,1	– 0,1	– 0,9
суданская трава	15,4	2,6	– 1,1	– 1,5
просо	13,8	2,4	– 3,1	0,8
<i>Дерново-подзолистая супесчаная</i>		<i>2013 г.</i>	<i>2014 г.</i>	<i>2015 г.</i>
люцерна изменчивая	14,5	1,7	– 3,0	1,3
коострец безостый	12,2	0,7	– 1,2	0,4
тимopheевка луговая	9,8	0,0	– 2,0	2,1

По урожайности кормовые культуры расположились в следующий убывающий ряд: люпин желтый, суданская трава, люцерна изменчивая, просо, костреч безостый, тимофеевка луговая, райграс однолетний, овес, двукосточник тростниковый, овсяница луговая, ежа сборная. Выявили, что виды семейства бобовых, наиболее продуктивные кормовые культуры на низкоплодородных дерново-подзолистых легких по гранулометрическому составу почвах.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ в условиях заливного луга позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы в зависимости от вида культуры в среднем от 25,4 до 27,4 т/га в сравнении с контролем (табл. 3.14, прил. 25-27).

При увеличении в дозе полного минерального удобрения $N_{45}P_{60}K_{45}$ калийного удобрения от K_{45} до K_{75} наблюдали тенденцию к увеличению урожайности зеленой массы кормовых культур в сравнении с $N_{45}P_{60}K_{45}$, при этом в сравнении с контролем увеличение было достоверным.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в условиях заливного луга позволяет достоверно увеличивать урожайность зеленой массы в зависимости от вида культуры в среднем от 27,7 до 28,9 т/га в сравнении с контролем. При увеличении в дозе полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ калийного удобрения от K_{60} до K_{90} наблюдали тенденцию к увеличению урожайности зеленой массы кормовых культур в сравнении с $N_{60}P_{60}K_{60}$, при этом в сравнении с контролем увеличение было достоверным.

Таблица 3.14 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы луговых трав, т/га (среднее 2009-2011 годы)

Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый
Контроль	5,9	5,8	6,1
$N_{45}P_{60}K_{45}$	25,4	26,4	27,4
$N_{45}P_{60}K_{60}$	26,2	27,1	27,9
$N_{45}P_{60}K_{75}$	26,7	27,9	28,5
$N_{60}P_{60}K_{60}$	28,0	27,7	28,9
$N_{60}P_{60}K_{75}$	29,1	28,8	30,2
$N_{60}P_{60}K_{90}$	29,4	29,8	30,9
HCP_{05}	11,7	13,6	14,1

В наших исследованиях не обнаружили существенной разницы между возрастающими дозами полного минерального удобрения, при этом наблюдали тенденцию с увеличением доз минерального удобрения повышение урожайности зеленой массы кормовых культур.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ в условиях лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы в зависимости от вида культуры в среднем от 6,90 до 8,78 т/га (табл. 3.15, прил. 28-30).

Таблица 3.15 – Влияние минеральных удобрений на урожайность воздушно-сухой массы луговых трав, т/га (среднее 2009-2011 годы)

Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый
Контроль	1,77	1,80	1,86
$N_{45}P_{60}K_{45}$	6,90	7,22	7,49
$N_{45}P_{60}K_{60}$	7,11	7,49	7,64
$N_{45}P_{60}K_{75}$	7,32	7,84	7,92
$N_{60}P_{60}K_{60}$	7,47	7,72	7,81
$N_{60}P_{60}K_{75}$	7,74	8,02	8,19
$N_{60}P_{60}K_{90}$	8,06	8,25	8,60
HCP_{05}	4,18	4,14	4,16

При увеличении в дозе полного минерального удобрения $N_{45}P_{60}K_{45}$ калийного удобрения от K_{45} до K_{75} наблюдали тенденцию к увеличению урожайности воздушно-сухой массы кормовых культур в сравнении с $N_{45}P_{60}K_{45}$, при этом в сравнении с контролем увеличение было достоверным.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в условиях заливных лугов позволяет достоверно увеличивать урожайность воздушно-сухой массы в зависимости от вида культуры в среднем от 7,47 до 7,81 т/га в сравнении с контролем.

При увеличении в дозе полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ калийного удобрения от K_{60} до K_{90} наблюдали тенденцию к увеличению урожайности воздушно-сухой массы кормовых культур в сравнении с $N_{60}P_{60}K_{60}$, при этом в сравнении с контролем увеличение было достоверным.

Существенной разницы между возрастающими дозами полного минерального удобрения в наших исследованиях не обнаружили, при этом наблюдали тенденцию увеличения урожайности воздушно-сухой массы кормовых культур с увеличением доз минерального удобрения.

Нашими исследованиями установлено, что корреляционная связь между возрастающими дозами азотного по фону фосфорно-калийного удобрения и урожайностью зеленой массы ежи сборной ($r = 0,78$), овсяницы луговой ($r = 0,69$) и двукосточника тростникового ($r = 0,70$) – сильная, а между возрастающими дозами азотного по фону фосфорно-калийного удобрения и урожайностью воздушно-сухой массы ежи сборной ($r = 0,65$), овсяницы луговой ($r = 0,64$) и двукосточника тростникового ($r = 0,62$) – средняя (рис. 3.1).

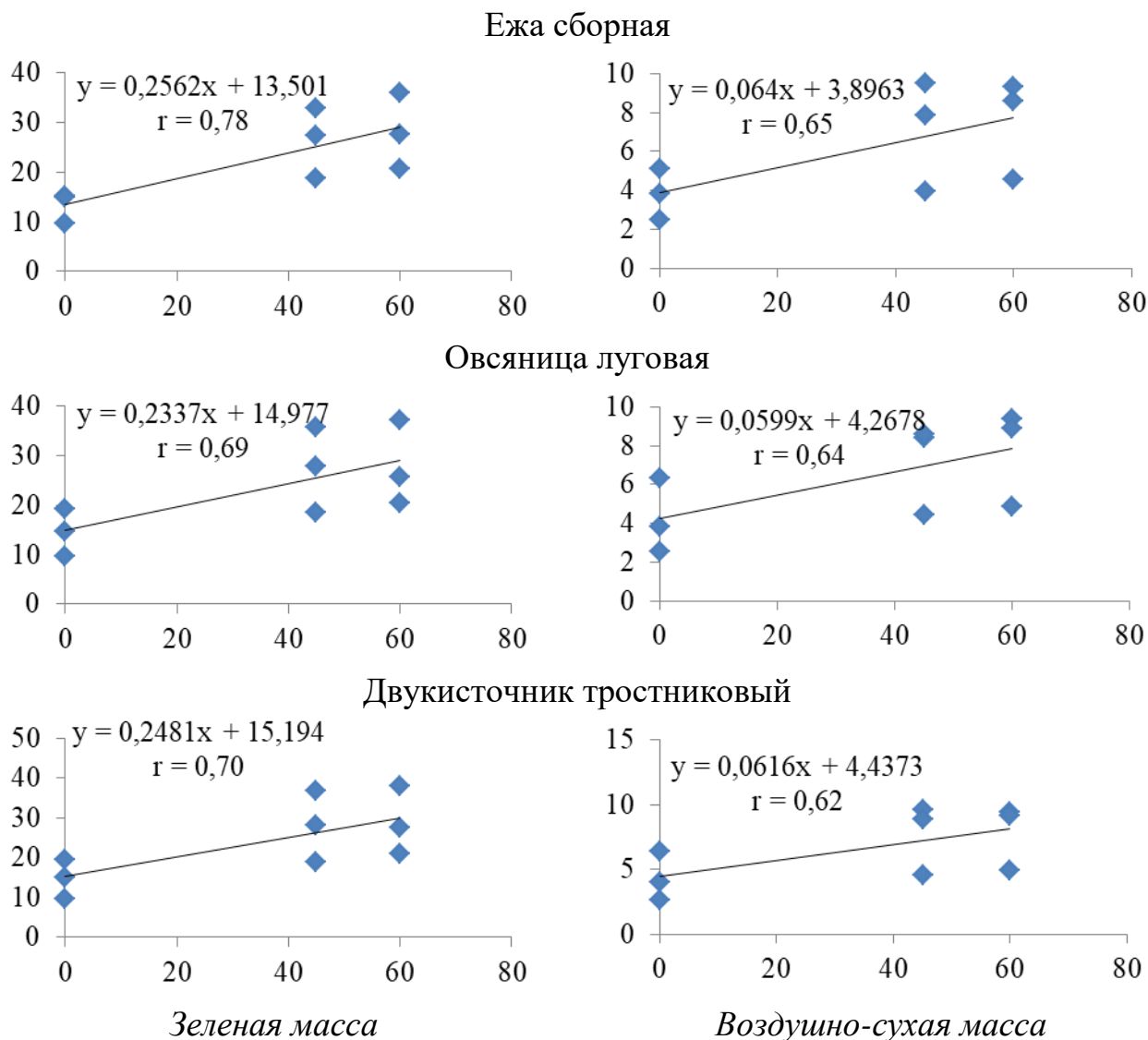


Рисунок 3.1 – Корреляционная зависимость между урожайностью и возрастающими дозами азотного удобрения от N_0 до N_{60} фону $P_{60}K_{60}$

Нашими исследованиями установлено, что корреляционная связь между возрастающими дозами калийного по фону азотно-фосфорного удобрения и урожайностью зеленой и воздушно-сухой массы ежи сборной, овсяницы луговой и двукосточника тростникового – слабая (рис. 3.2).

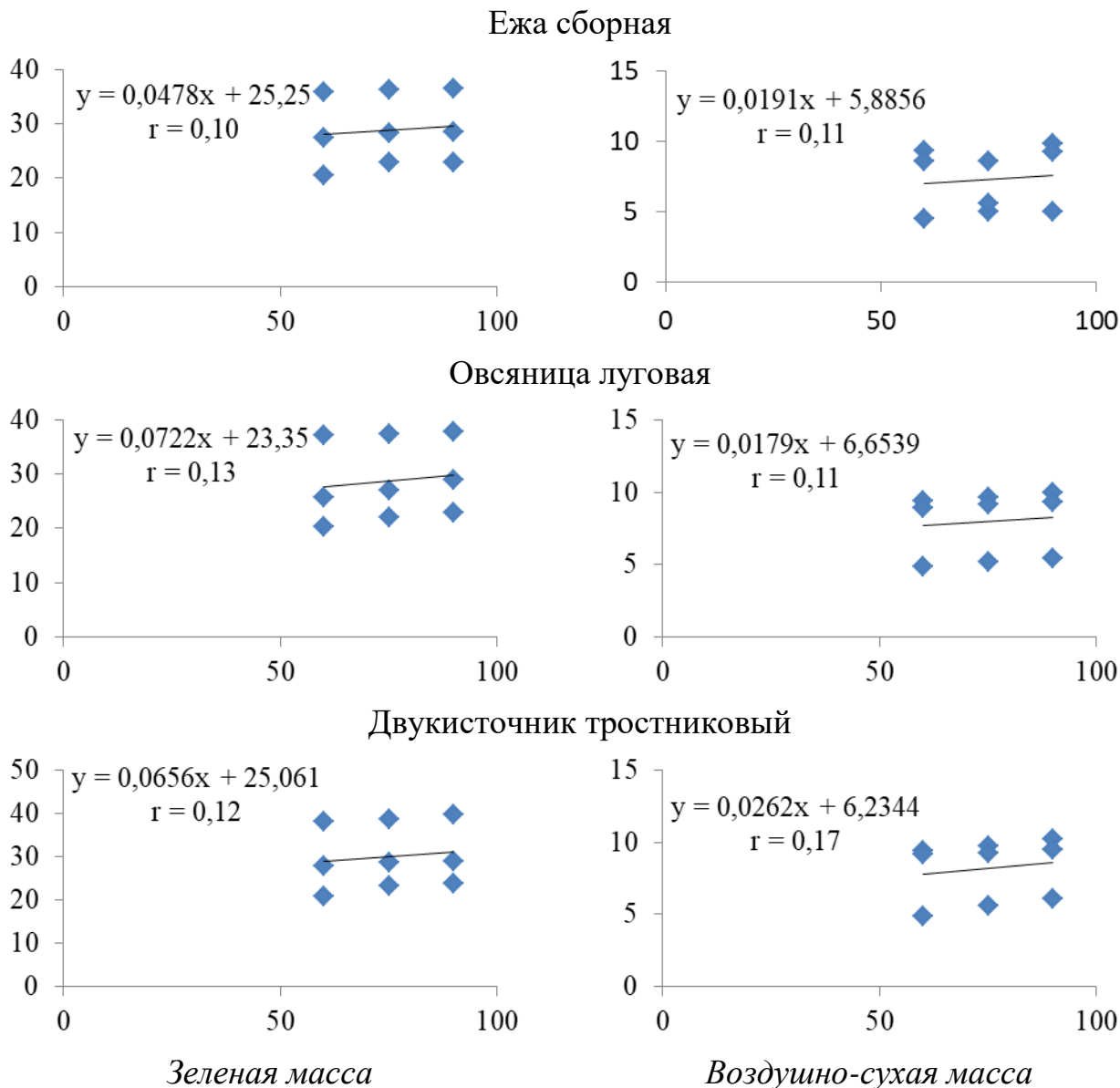


Рисунок 3.2 – Корреляционная зависимость между урожайностью и возрастающими дозами калийного удобрения от K_{60} до K_{90} фону $N_{60}P_{60}$

Эффективность применения систем удобрения в условиях юго-запада Брянской области при возделывании кормовых культур на зеленую и воздушно-сухую массу зависела от почвенно-климатических условий, доз и видов минерального удобрения и биологических особенностей возделываемых культур (таб. 3.16).

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ в условиях заливных лугов обуславливает наибольшую окупаемость прибавки урожайности зеленой и воздушно-сухой массы и в зависимости от вида культуры в среднем соответственно колеблется от 130,0 до 142,0 и от 34,2 до 37,5 кг на кг д. в. минерального удобрения (табл. 3.16).

Дальнейшее повышение доз полного минерального удобрения, как азотного, так и калийного компонента вело к снижению окупаемости прибавки урожай зеленой и воздушно-сухой массы кормовых мятликовых трав.

Таблица 3.16 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая кормовых луговых культур, кг / кг д.в. (среднее 2009-2011 годы)

Вариант	Ежа сборная		Овсяница луговая		Двукосточник тростниковый	
	зеленая масса	воздушно-сухая масса	зеленая масса	воздушно-сухая масса	зеленая масса	воздушно-сухая масса
$N_{45}P_{60}K_{45}$	130,0	34,2	137,3	36,1	142,0	37,5
$N_{45}P_{60}K_{60}$	123,0	32,4	129,1	34,5	132,1	35,0
$N_{45}P_{60}K_{75}$	115,6	30,8	122,8	33,6	124,4	33,7
$N_{60}P_{60}K_{60}$	122,8	31,7	121,7	32,9	126,7	33,1
$N_{60}P_{60}K_{75}$	119,0	30,6	117,9	31,9	123,6	32,5
$N_{60}P_{60}K_{90}$	111,9	30,0	114,3	30,7	118,1	32,1

В условиях юго-запада Брянской области продуктивность луговых агроценозов зависит от почвенных условий и биологических особенностей кормовых культур, наибольшую урожайность зеленой и воздушно-сухой массы получили при возделывании двукосточника тростникового соответственно 6,1 и 1,86 т/га.

Применение возрастающих доз полного минерального удобрения в условиях эксперимента вело к достоверному повышению урожайности ежи сборной, овсяницы луговой, двукосточника тростникового соответственно зеленой массы до 29,4, 29,8, 30,9 т/га и воздушно-сухой массы соответственно 8,06, 8,25, 8,60 т/га. При этом основным фактором повышения продуктивности явились азотные удобрения, коэффициент корреляции между урожайностью и возрастающими дозами был около 0,7, а калийные удобрения слабо влияли на повышение урожайности,

коэффициент корреляции между урожайностью и возрастающими дозами был меньше 0,3.

Наибольшая окупаемость соответственно от 130,0 до 142,0 и 34,2 до 37,5 кг на кг д. в. минеральных удобрении прибавкой урожая зеленой и воздушно-сухой массы при возделывании кормовых культур на пойменной дерновой оглеенной супесчаной почве выявлена при применении полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$.

Применение калийного и (или) фосфорно-калийного удобрения в условиях юго-запада Брянской области вело к повышению урожайности кормовых культур (табл. 3.17, прил. 31-41).

Таблица 3.17 – Роль фосфорно-калийного (калийного) минерального удобрения в повышении урожайности зеленой массы кормовых культур, т/га

Культура Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый		
Среднее за 2009-2011 годы					
Контроль	5,9	5,8	6,1		
P ₆₀ K ₄₅	12,1	13,3	13,5		
P ₆₀ K ₆₀	13,2	14,5	14,8		
HCP ₀₅	5,3	7,9	7,8		
Среднее за 2011-2013 годы					
Культура Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо
Контроль	23,1	7,8	7,2	15,4	13,8
K ₁₈₀	25,4	11,0	8,4	15,9	14,7
K ₂₁₀	26,2	12,2	9,2	16,9	16,4
HCP ₀₅	12,4	6,7	3,4	4,6	4,9
Среднее за 2013-2015 годы					
Культура Вариант	Люцерна изменчивая	Кострец безостый	Тимофеевка луговая		
Контроль	14,5	12,2	9,8		
P ₆₀ K ₆₀	16,6	13,4	11,6		
P ₆₀ K ₇₅	17,8	14,7	13,2		
P ₆₀ K ₉₀	19,3	15,6	15,1		
P ₆₀ K ₁₀₅	21,4	16,2	15,9		
HCP ₀₅	7,3	3,4	4,1		

Внесение фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{45}$ на пойменной дерново-оглеенной супесчаной почве достоверно повышало урожайность зеленой массы ежи сборной в 2,1 раза в сравнении с вариантом без удобрения, при возделывании овсяницы луговой и двухкосточника тростникового достоверное увеличение урожайности соответственно в 2,5 и 2,4 раза в сравнении с вариантом без удобрения, установили при внесении удобрения в дозе $P_{60}K_{60}$.

Выявили сильную корреляционную связь между возрастающими дозами калийного удобрения в фосфорно-калийном и урожайностью зеленой массы ежи сборной ($r = 0,82$), овсяницы луговой ($r = 0,76$) и двухкосточника тростникового ($r = 0,76$) (табл. 3.18).

Внесение возрастающих доз калийного удобрения на дерново-подзолистой песчаной почве достоверно не повышало урожайность зеленой массы кормовых культур, обнаружили тенденцию к её повышению. Установили, среднюю корреляционную связь, между возрастающими дозами калийного удобрения и урожайностью зеленой массы овса ($r = 0,56$) и проса ($r = 0,56$) и слабую у люпина желтого ($r = 0,25$), райграса однолетнего ($r = 0,27$) и суданской травы ($r = 0,26$).

Таблица 3.18 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и урожайностью зеленой массы кормовых культур

Культура	Коэффициент корреляции
<i>Возрастающие дозы от K_{45} до K_{60} по фону P_{60}</i>	
Ежа сборная	0,82
Овсяница луговая	0,76
Двукосточник тростниковый	0,76
<i>Возрастающие дозы от K_0 до K_{210}</i>	
Люпин желтый	0,25
Овёс	0,56
Райграс однолетний	0,27
Суданская трава	0,26
Просо	0,56
<i>Возрастающие дозы от K_{60} до K_{105} по фону P_{60}</i>	
Люцерна изменчивая	0,45
Кострец безостый	0,53
Тимофеевка луговая	0,66

Внесение возрастающих доз калийного в составе фосфорно-калийного удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве достоверно повышало урожайность зеленой массы тимopheевки луговой при дозе $P_{60}K_{90}$ и выше в 1,5 раза и костреца безостого в 1,3 раза при дозе $P_{60}K_{105}$ в сравнении с вариантом без удобрения. Выявили тенденцию к повышению урожайности люцерны изменчивой при внесении возрастающих доз калийного в составе фосфорно-калийного удобрения. Установили, среднюю корреляционную связь, между возрастающими дозами калийного удобрения в фосфорно-калийном и урожайностью зеленой массы люцерны изменчивой ($r = 0,45$), костреца безостого ($r = 0,53$) и тимopheевки луговой ($r = 0,66$).

Эффективность применения систем удобрения в условиях юго-запада Брянской области при возделывании кормовых культур на зеленую массу зависела от почвенно-климатических условий, доз и видов минерального удобрения и биологических особенностей возделываемых культур (таб. 3.19).

Таблица 3.19 – Окупаемость фосфорно-калийных (калийных) минеральных удобрений прибавкой урожая зеленой массы кормовых культур, кг / кг д.в.

Культура Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукисточник тростниковый		
Среднее за 2009-2011 годы					
Контроль	—	—	—		
P ₆₀ K ₄₅	59,0	71,4	70,5		
P ₆₀ K ₆₀	60,8	72,5	72,5		
Среднее за 2011-2013 годы					
Культура Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо
Контроль	—	—	—	—	—
K ₁₈₀	12,8	17,8	6,7	2,8	11,1
K ₂₁₀	14,8	21,0	9,0	7,1	12,4
Среднее за 2013-2015 годы					
Культура Вариант	Люцерна изменчивая	Кострец безостый	Тимофеевка луговая		
Контроль	—	—	—		
P ₆₀ K ₆₀	17,5	10,0	15,0		
P ₆₀ K ₇₅	24,4	18,5	25,2		
P ₆₀ K ₉₀	32,0	22,7	35,3		
P ₆₀ K ₁₀₅	41,8	24,2	37,0		

Внесение фосфорно-калийного удобрения в дозах $P_{60}K_{45}$ – $P_{60}K_{60}$ на пойменной дерновой оглееной супесчаной почве позволяет на каждый внесенный кг д.в. получать от 59,0 до 72,5 кг зеленой массы кормовых культур, наиболее отзывчивы на применения минерального удобрения были овсяница луговая и двукосточник тростниковый в 1,2 раза в сравнении с ежой сборной.

Внесение калийного удобрения в дозах K_{180} – K_{210} на дерново-подзолистой песчаной почве позволяет на каждый внесенный кг д.в. получать от 2,8 до 21,0 кг зеленой массы кормовых культур, эффективность удобрения изменялась до 7,5 раз в зависимости от дозы удобрения и кормовой культуры. Наиболее отзывчивы на применения минерального удобрения были овес и люпин жёлтый. Установили, что при возделывании суданской травы эффективность калийного удобрения возрастала до 2,5 раз с возрастанием дозы.

Внесение возрастающих доз калийного в составе фосфорно-калийного удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве позволяет на каждый внесенный кг д.в. получать от 10,0 до 41,8 кг зеленой массы кормовых культур, эффективность удобрения изменялась до 4,2 раза в зависимости от дозы удобрения и кормовой культуры. Наиболее отзывчивой культурой на применения минерального удобрения была люцерна изменчивая.

В условиях юго-запада Брянской области продуктивность агроценозов зависит от почвенных условий и биологических особенностей кормовых культур, наибольшую урожайность зеленой массы 23,1 т/га получили при возделывании люпина желтого.

Применение возрастающих доз калийного или фосфорно-калийного удобрения в условиях эксперимента вело к достоверному повышению урожайности ежи сборной, овсяницы луговой, двукосточника тростникового, костреца безостого и тимфеевки луговой и к тенденции повышения урожайности люпина желтого, овса, райграса однолетнего, суданской травы, проса и люцерны изменчивой.

Наилучшая эффективность удобрения при возделывании кормовых культур выявлена на пойменной дерновой оглееной супесчаной почве, где на каждый внесенный кг д. в. получили от 59,0 до 72,5 кг прибавки урожая зеленой массы.

Применение калийного и (или) фосфорно-калийного удобрения в условиях юго-запада Брянской области вело к повышению урожайности кормовых культур (табл. 3.20, прил. 42-52).

Таблица 3.20 – Роль фосфорно-калийного (калийного) минерального удобрения в повышении урожайности воздушно-сухой массы кормовых культур, т/га

Культура Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукисточник тростниковый		
Среднее за 2009-2011 годы					
Контроль	1,77	1,80	1,86		
P ₆₀ K ₄₅	3,38	3,81	4,04		
P ₆₀ K ₆₀	3,81	4,22	4,33		
HCP ₀₅	2,51	3,45	3,18		
Среднее за 2011-2013 годы					
Культура Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо
Контроль	5,07	1,95	1,72	3,74	3,56
K ₁₈₀	5,54	2,77	2,00	3,86	3,78
K ₂₁₀	5,73	2,92	2,20	4,07	3,96
HCP ₀₅	2,48	1,80	0,98	1,51	1,19
Среднее за 2013-2015 годы					
Культура Вариант	Люцерна изменчивая	Кострец безостый	Тимофеевка луговая		
Контроль	3,10	2,60	2,00		
P ₆₀ K ₆₀	3,52	2,86	2,40		
P ₆₀ K ₇₅	3,87	3,18	2,82		
P ₆₀ K ₉₀	4,73	3,40	3,23		
P ₆₀ K ₁₀₅	5,26	3,61	3,50		
HCP ₀₅	2,26	0,90	0,93		

При применении фосфорно-калийного удобрения в возрастающих дозах от P₆₀K₄₅ до P₆₀K₆₀ на пойменной дерновой оглееной супесчаной почве наблюдали тенденцию к повышению урожайности воздушно сухой массы ежи сборной, овсяницы луговой и двукосточника тростникового соответственно в 2,1 и 2,3 раза в сравнении с вариантом без удобрения. При внесении возрастающих доз калийного удобрения от K₁₈₀ до K₂₁₀ на дерново-подзолистой песчаной почве наблюдали тенденцию к повышению урожайности воздушно-сухой массы кормовых культур (табл. 3.20).

Внесение возрастающих доз калийного в составе фосфорно-калийного удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве достоверно повышало урожайность воздушно-сухой массы тимopheевки луговой при дозе $P_{60}K_{90}$ и выше в 1,8 раза и костреца безостого в 1,4 раза при дозе $P_{60}K_{105}$ в сравнении с вариантом без удобрения. Выявили тенденцию к повышению урожайности воздушно-сухой массы люцерны изменчивой при внесении возрастающих доз калийного в составе фосфорно-калийного удобрения.

Эффективность применения систем удобрения в условиях юго-запада Брянской области при возделывании кормовых культур на воздушно-сухую массу зависела от почвенно-климатических условий, доз и видов минерального удобрения и биологических особенностей возделываемых культур (таб. 3.21).

Таблица 3.21 – Окупаемость фосфорно-калийных (калийных) минеральных удобрений прибавкой урожая воздушно-сухой массы кормовых культур, кг / кг д.в.

Культура Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукисточник тростниковый		
Среднее за 2009-2011 годы					
Контроль	—	—	—		
P ₆₀ K ₄₅	15,3	19,1	20,8		
P ₆₀ K ₆₀	17,0	20,2	20,6		
Среднее за 2011-2013 годы					
Культура Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская травка	Просо
Контроль	—	—	—	—	—
K ₁₈₀	2,6	4,6	1,6	0,7	1,2
K ₂₁₀	3,1	4,6	2,3	1,6	1,9
Среднее за 2013-2015 годы					
Культура Вариант	Люцерна изменчивая	Кострец безостый	Тимофеевка луговая		
Контроль	—	—	—		
P ₆₀ K ₆₀	3,5	2,2	3,3		
P ₆₀ K ₇₅	5,7	4,3	6,1		
P ₆₀ K ₉₀	10,9	5,3	8,2		
P ₆₀ K ₁₀₅	13,1	6,1	9,1		

Внесение фосфорно-калийного удобрения в дозах $P_{60}K_{45}$ – $P_{60}K_{60}$ на пойменной дерновой оглееной супесчаной почве позволяет на каждый внесенный кг д.в. полу-

чать от 15,3 до 20,8 кг воздушно-сухой массы кормовых культур, наиболее отзывчивы на применения минерального удобрения были овсяница луговая и двухкосточник тростниковый в 1,2 раза в сравнении с ежой сборной.

Внесение калийного удобрения в дозах K_{180} – K_{210} на дерново-подзолистой песчаной почве позволяет на каждый внесенный кг д. в. получать от 0,7 до 4,6 кг воздушно-сухой массы кормовых культур, эффективность удобрения изменялась до 6,6 раз в зависимости от дозы удобрения и кормовой культуры. Наиболее отзывчивы на применения минерального удобрения были овес и люпин жёлтый. Установили, что при возделывании суданской травы эффективность калийного удобрения возрастала до 2,3 раз с возрастанием дозы.

Внесение возрастающих доз калийного в составе фосфорно-калийного удобрения на дерново-подзолистой супесчаной почве позволяет на каждый внесенный кг д. в. получать от 2,2 до 13,1 кг воздушно-сухой массы кормовых культур, эффективность удобрения изменялась до 5,9 раз в зависимости от дозы удобрения и кормовой культуры. Наиболее отзывчивой культурой на применения минерального удобрения была люцерна изменчивая.

В условиях юго-запада Брянской области, продуктивность агроценозов зависит от почвенных условий и биологических особенностей кормовых культур, наибольшую урожайность соответственно зеленой и воздушно-сухой массы 23,1 и 5,07 т/га получили при возделывании люпина желтого.

Применение возрастающих доз калийного и (или) фосфорно-калийного удобрения в условиях эксперимента вело к достоверному повышению урожайности воздушно-сухой массы костреца безостого и тимopheевки луговой и к тенденции повышения урожайности люпина желтого, овса, райграса однолетнего, суданской травы, проса ежи сборной, овсяницы луговой, двухкосточника тростникового и люцерны изменчивой.

Наилучшая эффективность минерального удобрения при возделывании кормовых культур выявлена на пойменной дерновой оглееной супесчаной почве, где на каждый внесенный кг д.в. получили от 17,0 до 20,8 кг прибавки урожая воздушно-сухой массы.

3.2. Реализация потенциала продуктивности мятликовых кормовых культур в зависимости от почв и минеральных удобрений

Проблема эффективности ведения кормопроизводства и использования кормовых угодий является основой развития сельскохозяйственных территорий в целом и животноводства в частности (Ларетин, Зотов, 2012; Чирков и др., 2012; Трофимов и др., 2016; Ларетин, 2017; Хонина, 2019; Бурлуцкий и др., 2021).

Сенокосы заливных и суходольных лугов являются источником «дешевых» кормов, а также играют многофункциональную роль в формировании устойчивого агроландшафта (Косолапов и др., 2011; Бельченко и др., 2015; Щукин, 2017; Худоногова, Михляева, 2018; Клыга, 2021; Косолапов, Худякова, 2021).

В Центральном Нечерноземье, куда входит Брянская область, есть все возможности: обширные земельные ресурсы, кормовая база (Харкевич и др., 2011; Донских, Лозовой, 2020; Силаев и др., 2020; Лукашов, Исаков, 2020). При этом необходимо подбирать кормовые культуры с наибольшей приспособленностью к местным почвенно-климатическим стрессорам, что позволит формировать высокие стабильные урожаи сена кормовых культур, как при благоприятных, так и неблагоприятных погодных условиях. Знание потенциала адаптивности кормовых культур необходимо для правильного их подбора в условиях региона (Лукашевич и др., 2019; Байкалова и др., 2019; Иванов и др., 2019; Кутузова и др., 2019; Столярчук, Вахрушева, 2020; Серегин, 2020; Чесалин и др., 2021; Шундалов, 2021).

Параметры экологической пластичности и стабильности были рассчитаны для сортов различных сельскохозяйственных культур (Байкалова, Серебренников, 2020; Мамеев, Ториков, 2020; Серебренников, 2020; Ториков и др., 2020), при этом получены данные о реализации потенциала урожайности сортов, которые подтверждают возможность использования данных методик для экологической оценки различных видов кормовых культур семейства мятликовых.

Большинство изучаемых кормовых культур характеризуется широкими адаптивными свойствами, о чем свидетельствуют ареалы их возделывания в Нечерноземной зоне России. Разнообразие метеорологических условий вегетацион-

ных периодов по температурному режиму и влагообеспеченности позволило объективно оценить уровень варьирования урожая воздушно-сухой массы кормовых культур в зависимости от сложившихся внешних условий. Индексы условий среды по годам варьировали от – 6,36 до 6,08 (табл. 3.22), при использовании минеральных удобрений изменялся в пределах от – 17,13 до 18,69 (табл. 3.23), необходимо отметить, что наибольшие значения индекса среды наблюдали при возделывании кормовых культур на пойменной почве, в которой пойменный процесс проходил от 1-2 до 15 дней в зависимости от исследования года.

Установили, что благоприятные условия для получения высокого урожая воздушно-сухой массы кормовых культур, зависели не только от погодных условия, но и от вида возделываемой культуры, так 2013 году при возделывании кормовых культур на песчаной почве индекс среды был – 2,44, а на супесчаной почве 1,42, это говорит о том, что погодные условия 2013 года более пригодны к возделыванию костреца и тимофеевки (табл. 3.22).

Таблица 3.22 – Потенциал урожайности воздушно-сухого вещества кормовых культур в условиях юго-запада Брянской области

Почва / Культура	Урожайность, ц/га				K _A	V, %
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	Среднее		
Пойменная дерновая оглееная						
Ежа сборная	11,2	24,3	17,5	17,7	0,98	30,0
Овсяница луговая	11,7	23,4	19,0	18,0	1,00	26,6
Двукосточник тростниковый	12,3	24,8	18,6	18,6	1,03	27,5
<i>Средняя урожайность за год</i>	<i>11,73</i>	<i>24,17</i>	<i>18,37</i>	<i>18,1</i>	–	–
Индекс среды	-6,36	6,08	0,28	–	–	–
Дерново-подзолистая песчаная	2011 г.	2012 г.	2013 г.	–	–	–
Овес	14,5	21,0	20,1	18,53	0,68	21,6
Райграс однолетний	20,5	16,3	14,5	17,10	0,63	14,6
Суданская трава	45,0	35,8	31,5	37,43	1,37	15,2
Просо	42,1	33,5	33,6	36,40	1,33	13,2
<i>Средняя урожайность за год</i>	<i>30,53</i>	<i>26,65</i>	<i>24,93</i>	<i>27,4</i>	–	–
Индекс среды	3,16	-0,72	-2,44	–	–	–
Дерново-подзолистая супесчаная	2013 г.	2014 г.	2015 г.	–	–	–
Кострец безостый	28,2	22,0	27,7	26,0	1,13	10,8
Тимофеевка луговая	20,6	15,6	23,8	20,0	0,87	16,5
<i>Средняя урожайность за год</i>	<i>24,40</i>	<i>18,80</i>	<i>25,75</i>	<i>23,0</i>	–	–
Индекс среды	1,42	-4,18	2,77	–	–	–

Обнаружили синергизм между минеральными удобрениями и погодными условиями, который был обусловлен увеличением индекса при благоприятных условиях среды и снижением при неблагоприятных условиях (табл. 3.23.).

Таблица 3.23 – Потенциал урожайности воздушно-сухого вещества кормовых культур в условиях юго-запада Брянской области при использовании минерального удобрения

Почва / Культура		Урожайность, ц/га				K _A	V, %
<i>Пойменная дерновая оглееная</i>		<i>2009 г.</i>	<i>2010 г.</i>	<i>2011 г.</i>	<i>Среднее</i>		
Ежа сборная	P ₆₀ K ₄₅	16,4	47,9	33,0	32,4	0,83	40,1
	P ₆₀ K ₆₀	24,8	51,1	38,5	38,1	0,97	28,1
Овсяница луговая	P ₆₀ K ₄₅	17,3	61,2	35,9	38,1	0,97	47,2
	P ₆₀ K ₆₀	25,3	63,3	39,0	42,5	1,08	37,1
Двукосточник тростниковый	P ₆₀ K ₄₅	22,9	61,1	37,3	40,4	1,03	39,1
	P ₆₀ K ₆₀	26,5	63,5	39,9	43,3	1,10	35,3
<i>Средняя урожайность за год</i>		<i>22,20</i>	<i>58,02</i>	<i>37,27</i>	<i>39,2</i>	—	—
<i>Индекс среды</i>		<i>-17,13</i>	<i>18,69</i>	<i>-2,06</i>	—	—	—
<i>Дерново-подзолистая песчаная</i>		<i>2011 г.</i>	<i>2012 г.</i>	<i>2013 г.</i>	—	—	—
Овес	K ₁₈₀	39,0	22,1	20,4	27,17	0,85	30,9
	K ₂₁₀	41,9	24,4	21,4	29,23	0,92	31,1
Райграс однолетний	K ₁₈₀	26,0	18,9	15,2	20,03	0,63	22,5
	K ₂₁₀	28,0	21,4	16,7	22,03	0,69	20,4
Суданская трава	K ₁₈₀	46,7	36,7	32,4	38,60	1,21	15,5
	K ₂₁₀	50,2	37,7	36,3	41,40	1,30	15,0
Просо	K ₁₈₀	44,5	34,1	34,7	37,77	1,18	12,7
	K ₂₁₀	46,8	35,2	34,3	38,77	1,22	14,7
<i>Средняя урожайность за год</i>		<i>40,39</i>	<i>28,81</i>	<i>26,43</i>	<i>31,9</i>	—	—
<i>Индекс среды</i>		<i>8,51</i>	<i>-3,06</i>	<i>-5,45</i>	—	—	—
<i>Дерново-подзолистая супесчаная</i>		<i>2013 г.</i>	<i>2014 г.</i>	<i>2015 г.</i>	—	—	—
Кострец безостый	P ₆₀ K ₆₀	31,5	23,6	30,6	28,57	0,92	12,3
	P ₆₀ K ₇₅	33,4	26,0	35,9	31,77	1,02	13,2
	P ₆₀ K ₉₀	36,1	27,3	38,6	34,00	1,09	14,1
	P ₆₀ K ₁₀₅	38,5	29,9	39,8	36,07	1,16	11,6
Тимофеевка луговая	P ₆₀ K ₆₀	26,5	18,6	26,9	24,00	0,77	16,3
	P ₆₀ K ₇₅	30,2	22,3	32,1	28,20	0,90	14,9
	P ₆₀ K ₉₀	35,5	25,6	35,8	32,30	1,04	14,9
	P ₆₀ K ₁₀₅	37,2	28,8	39,1	35,03	1,12	12,8
<i>Средняя урожайность за год</i>		<i>33,61</i>	<i>25,26</i>	<i>34,85</i>	<i>31,2</i>	—	—
<i>Индекс среды</i>		<i>2,37</i>	<i>-5,98</i>	<i>3,61</i>	—	—	—

Кормовые культуры реализовывали свой потенциал урожайности в зависимости от вида, наилучшими считаются культуры с коэффициентом адаптации (K_A) выше 1, который свидетельствует об их способности давать наибольший урожай. На пойменной дерновой оглеенной почве такой культурой был двукисточник тростниковый (1,03), на дерново-подзолистой песчаной почве – суданская трава (1,37) и просо (1,33) и на дерново-подзолистой супесчаной почве – кострец безостый (1,13). Применение минеральных удобрений повышало потенциал реализации урожайности, при этом наблюдали, что с увеличением доз удобрения росла и продуктивность (табл. 3.23).

Коэффициент вариации (V) урожайности кормовых культур колебался от 10,8 до 30,0 % в зависимости от культуры, периода исследований и почвы (табл. 2.10), принято считать изменчивость незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10 %, средней, если V выше 10%, но менее 20%, и значительной, если коэффициент вариации более 20% (Доспехов, 1985). Наибольшую изменчивость урожайности кормовых культур наблюдали на пойменных почвах, из кормовых культур наименьший коэффициент вариации обнаружили при возделывании костреца безостого (10,8 %), просо (13,2 %) и райграса однолетнего (14,6 %).

Применение минеральных удобрений в исследуемых дозах изменяло коэффициент вариации кормовых культур, установили, что изменчивость урожайности варьировала от 11,6 до 47,2 % в зависимости от культуры, периода исследований, почвы и доз минерального удобрения. Обнаружили, что внесение минеральных удобрений увеличило коэффициент вариации в сравнении без их применения, при этом возрастающие количества удобрения снижали V кормовых культур при их возделывании на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили (табл. 3.23).

Показатель стрессоустойчивости ($y_{\min} - y_{\max}$) имеет отрицательное значение, чем меньше разрыв максимальной и минимальной урожайности, тем выше стрессоустойчивость кормовой культуры. Наибольшую стрессоустойчивость наблюдали у кормовых культур: райграса однолетнего (–6,00) костреца безостого (–6,20) и ов-

са (–6,50), эти культуры в наименьшей степени снижают урожайность в экстремальных условиях (табл. 3.24).

Компенсационная способность гибкости кормовой культуры отражает показатель средней урожайности в контрастных условиях $(y_{\min} + y_{\max}) / 2$, при котором, чем выше степень соответствия между культурой и различными факторами среды, тем выше этот показатель. Наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях возделывания сформировали кормовые культуры: суданская трава (38,25), просо (37,80) и кострец безостый (25,10).

Таблица 3.24 – Стрессоустойчивость и адаптивность кормовых культур в условиях юго-запада Брянской области

Культура	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b_i	S_d^2
Ежа сборная	-13,10	17,75	53,9	1,05	0,32
Овсяница луговая	-11,70	17,55	50,0	0,94	0,74
Двукосточник тростниковый	-12,50	18,55	50,4	1,00	0,09
Овес	-6,50	17,75	31,0	1,11	5,79
Райграс однолетний	-6,00	17,50	29,3	1,07	0,13
Суданская трава	-13,50	38,25	30,0	2,40	0,39
Просо	-8,60	37,80	20,4	1,64	6,91
Кострец безостый	-6,20	25,10	22,0	0,90	1,53
Тимофеевка луговая	-8,20	19,70	34,5	1,10	1,53

Показатель размах урожайности (d) – это отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры к максимальной урожайности, который выражается процентах. Стабильная урожайность кормовой культуры в конкретных условиях имеет низкий показатель размаха урожайности. Наименьший размах урожайности отмечен у кормовых культур: просо (20,4) и кострец безостый (22,0).

Стабильность (S_d^2) – это отношение культуры к ограничивающим факторам среды, способность давать не очень высокий, но стабильные урожай в любых погодных условиях. Синонимом стабильности является пластичность, чем меньше квадратические отклонения фактических урожаев от теоретических, тем стабильнее культура (Зыкин и др., 2011). В изучаемом наборе мятликовых кормовых культур наиболее стабильными были двукосточник тростниковый, райграс однолетний,

ежа сборная, суданская трава, овсяница луговая, а суданская трава является еще и самой высокоурожайной из исследуемых культур.

Отзывчивость на изменение условий среды при возделывании кормовых культур отображается через коэффициент экологической пластичности (b_i), который может быть больше, меньше единицы или быть равным ей. Культура обладает большей отзывчивостью, если значение $b_i \geq 1$, если $b_i \leq 1$, то культура реагирует слабо на изменение условий среды. Полное соответствие изменения урожайности и условий возделывания наблюдается при $b_i = 1$ (Зыкин и др., 2011).

Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания из изучаемых мятликовых кормовых культур были суданская трава (2,40), просо (1,64) и овес (1,11).

Наиболее ценны те культуры, у которых $b_i > 1$, а Sd^2 стремиться к 0, такие культуры относятся к высокоинтенсивным. Такие культуры характеризуются стабильной урожайностью и отзывчивостью на улучшения условий среды. Культуры с высокими показателями b_i и Sd^2 менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, а генотипы культур, у которых $b_i < 1$ и близкий к 0 показатель Sd^2 , слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности (Зыкин и др., 2011).

Суданская трава наиболее высокоинтенсивная кормовая культура ($b_i = 2,40$, а $Sd^2 = 0,39$) в условиях юго-запада Брянской области, а просо и овес обладают высокой отзывчивостью и низкой стабильностью урожая, кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеет достаточно высокую стабильность урожайности (табл. 3.24).

Применение минеральных удобрений увеличило разрыв между максимальной и минимальной урожайностью кормовых культур в зависимости от периода исследований, вида культуры и почвы. Наименьший показатель стрессоустойчивости наблюдали у кормовых культур: костреца безостого (–7,90), тимopheевки луговой (–8,30) при внесении $P_{60}K_{60}$ (табл. 3.25), эти культуры в наименьшей степени снижают урожайность в экстремальных условиях при применении минеральных удобрений. Установили, что при возрастающих количествах удобрения снижалось

стрессоустойчивость при возделывании кормовых культур на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили.

Внесение минеральных удобрений увеличивает наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях, особенно высокий показатель наблюдали на пойменных почвах у кормовых культур: двукосточник тростниковый (45,00), овсяница луговая (44,30). Обнаружили, что при возрастающих количествах удобрения повышалась средняя урожайность культур в контрастных условиях, как на пойменных, так и на дерново-подзолистых почвах.

Таблица 3.25 – Стрессоустойчивость и адаптивность кормовых культур в условиях юго-запада Брянской области при использовании минерального удобрения

Культура		$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b_i	S_d^2
Ежа сборная	P ₆₀ K ₄₅	-31,50	32,15	65,8	0,84	7,88
	P ₆₀ K ₆₀	-26,30	37,95	51,5	0,70	4,06
Овсяница луговая	P ₆₀ K ₄₅	-43,90	39,25	71,7	1,20	0,78
	P ₆₀ K ₆₀	-38,00	44,30	60,0	1,03	5,97
Двукосточник тростниковый	P ₆₀ K ₄₅	-38,20	42,00	62,5	1,04	3,87
	P ₆₀ K ₆₀	-37,00	45,00	58,3	1,01	5,50
Овес	K ₁₈₀	-18,60	29,70	47,7	1,37	1,28
	K ₂₁₀	-20,50	31,65	48,9	1,48	0,15
Райграс однолетний	K ₁₈₀	-10,80	20,60	41,5	0,72	2,00
	K ₂₁₀	-11,30	22,35	40,4	0,73	4,46
Суданская трава	K ₁₈₀	-14,30	39,55	30,6	0,97	2,00
	K ₂₁₀	-13,90	43,25	27,7	1,02	0,56
Просо	K ₁₈₀	-10,40	39,30	23,4	0,76	3,02
	K ₂₁₀	-12,50	40,55	26,7	0,93	0,90
Кострец безостый	P ₆₀ K ₆₀	-7,90	27,55	25,1	0,81	1,84
	P ₆₀ K ₇₅	-9,90	30,95	27,6	0,98	0,84
	P ₆₀ K ₉₀	-11,30	32,95	29,3	1,13	0,61
	P ₆₀ K ₁₀₅	-9,90	34,85	24,9	1,03	0,00
Тимофеевка луговая	P ₆₀ K ₆₀	-8,30	22,75	30,9	0,89	0,26
	P ₆₀ K ₇₅	-9,80	27,20	30,5	0,99	0,23
	P ₆₀ K ₉₀	-10,20	30,70	28,5	1,11	0,58
	P ₆₀ K ₁₀₅	-10,30	33,95	26,3	1,05	0,18

Использование минеральных удобрений увеличило размах урожайности в зависимости от периода исследований, вида культуры и почвы. Наименьший показатель размаха урожайности наблюдали у проса (23,4), костреца безостого (24,9), эти

культуры наиболее стабильно дают урожайность в контрастных условиях при применении минеральных удобрений. Установили, что при возрастающих количествах удобрения снижался размах урожайности при возделывании кормовых культур на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили (табл. 3.25).

Применение минеральных удобрений увеличило стабильность кормовых культур в зависимости от периода исследований, вида культуры и почвы. Наиболее стабильными кормовыми культурами при внесении минеральных удобрений были: тимофеевка луговая, кострец безостый, суданская трава, просо, овсяница луговая. Установили, что при возрастающих количествах удобрения повышалась стабильность урожайности кормовых культур при их возделывании на пойменных почвах, на дерново-подзолистых почвах такую закономерность не обнаружили.

Наиболее отзывчивыми на изменения условий возделывания кормовыми культурами при применении минеральных удобрений были овес (1,48), овсяница луговая (1,20) и кострец безостый (1,13). Минеральные удобрения изменяют отзывчивость культур на условий среды и стабильность получения урожая (табл. 3.25).

Проведя всестороннюю оценку адаптивных свойств кормовых культур по параметрам экологической стабильности, пластичности и влиянии на них минерального удобрения в условиях юго-запада Брянской области, используя критерий «урожайность» установили: 1) индекс условий среды изменялся по годам от – 6,36 до 6,08, с максимумом значения на пойменной почве; 2) наибольшая адаптация к условиям пойменной почвы была у двукисточника тростникового (1,03), на дерново-подзолистой песчаной почве – у суданской травы (1,37) и проса (1,33) и на дерново-подзолистой супесчаной почве – у костреца безостого (1,13); 3) условия пойменных почв создают наибольшую изменчивость урожайности кормовых культур; 4) райграс однолетний (–6,00), кострец безостый (–6,20) и овес (–6,50) обладают наибольшей стрессоустойчивостью; 5) проса (20,4) и кострец безостый (22,0) имеют минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях; 6) двукисточник тростниковый, райграс однолетний, ежа сборная, суданская

трава, овсяница луговая и суданская трава наиболее стабильные культуры в получении урожая; 7) суданская трава, просо и овес наиболее отзывчивые на изменения условий при их возделывании; 8) суданская трава является наиболее высокоинтенсивной ($b_i = 2,40$, а $Sd^2 = 0,39$) кормовой культурой в условиях юго-запада Брянской области, а просо и овес обладают высокой отзывчивостью и низкой стабильностью урожая, кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеет достаточно высокую стабильность урожайности; 9) для повышения индекса среды, адаптации, изменчивости урожайности кормовых культур, увеличении разрыв между максимальной и минимальной урожайностью необходимо использовать минеральные удобрения, что также снижает отзывчивость культур на изменения среды и усиливает стабильность.

3.3. Влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы смешанных посевов полевых кормовых культур

Формирование растительного мира Земли происходит в процессе продолжительной эволюции за счет совокупности фитоценозов, которые служат показателями оптимума его потенциала адаптации (Новиков и др., 2005; Мазитов и др., 2011; Трофимова и др., 2014; Яковлева и др., 2017; Денисов и др., 2021).

Взаимодействие растений является характерной особенностью естественных и искусственных фитоценозов, оно определяет главным образом взаимоотношения растений в процессе роста и развития и носит основательный характер (Гродзинский, 1991; Яговенко, Белоус, 2011). При этом растения в гетерогенных посевах постоянно находятся в конкуренции за основные факторы жизни, где разные виды доминируют и соподчиняются друг над другом в ценозе, при этом взаимодействия имеют положительную или отрицательную направленность (Яговенко, Яговенко, 2010; Тебердиев, Щанникова, 2016; Павлова и др., 2019; Павлова и др., 2020; Петрук, 2020; Коновалова, Коновалова, 2020; Яговенко и др., 2020; Козлова, Свечников, 2021; Чеботарев, Броварова, 2021).

Многочисленные исследования подтверждают целесообразность использования смешанных посевов различных кормовых культур при производстве кор-

мов, которые совместно обеспечивают более полное использование таких факторов жизни как солнечную инсоляцию, элементов минерального и воздушного питания, влаги (Жученко, 2000; Яговенко и др., 2005; Дьяченко и др., 2021).

Посевы смешанных кормовых культур получили широкое распространение во многих странах мира и, вероятно, были переняты человеком у природы, где особенностью посевов является стремление дополнить их такими культурами, которые способны восполнять плодородие почв, особенно это актуально на легких по гранулометрическому составу почвах (Баринов, 2008).

В нашей стране смешанные посевы повсеместно вводят в кормопроизводство, наибольшую известность получили следующие смеси бобовых и мятликовых культур: люпино-овсяная, вико-овсяная, горохо-овсяная, горохо-ячменная, и другие состоящие из 3 или 4 компонентов (Такунов, 1996).

Повышение эффективности смешанных посевов в отличие от одновидовых основано на синергическом эффекте, благодаря взаимному дополнению видов на основе объединения экологических ниш происходит лучшее использование солнечной радиации, влаги и элементов питания, а также улучшается фитосанитарное состояние посевов (Шамсутдинов и др., 2000).

Анализ многочисленных исследований, выявил, что урожайность культур и смешанных посевов, как правило, превышает таковую в одновидовых посевах. При этом необходимо учитывать совместимость различных кормовых культур и их адаптивность к условиям жизни (Жученко, 1990).

В смешанных посевах нередко наблюдается повышение урожайности за счет меньшего полегания растений, мятликовая культура является хорошей опорой для бобового компонента, в результате чего формируется неполегающий высокопродуктивный травостой. В смешанном посеве люпина и мятликового компонента наблюдается увеличение на 15-20 % площади листьев гетерогенного посева в отличие от одновидового посева люпина, и это несмотря на снижение площади листьев люпина в смешанном посеве (Такунов, Кононов, 1995).

Активные физиологические взаимосвязи между надземными и подземными органами компонентами посевов изменяют в значительной степени количества хлорофилла, витаминов и каротина (Гродзанский, 1991; Кононов, 1996).

Получение высококачественных кормов из смешанных посевов обеспечивает лучший питательный режим и оптимизацию химического состава культур компонентов (Шемяков, 2007; Басаргина, 2021).

Проведенные многочисленные исследования в различных почвенно-климатических зонах России установили превосходство смешанных над одновидовыми посевами. Посевы, состоящие из бобового и мятликового компонента, имеют сбалансированный белково-углеводистый комплекс и превосходят мятликовые культуры по содержанию белка, (Бондарев, 2008; Жезмер, Благоразумова, 2011; Яговенко и др., 2012; Кузнецов и др., 2014).

В настоящее время для многих сельскохозяйственных организаций различной формы собственности смешанные посевы позволяют получать сбалансированные по белку корма в достаточных для кормления животных объемах.

Возделывание гетерогенных посевов в природно-климатических условиях юго-запада Брянской области позволяет получать урожайность от 25,3 до 32,2 т/га зеленой массы в среднем за годы исследования (табл. 3.26). Погодные условия, компоненты и их соотношения в гетерогенном посеве изменяли продуктивность полевого агроценоза.

Урожайность люпина и овса при возделывании в гетерогенных посевах без использования минерального удобрения изменялась в зависимости от соотношения компонентов от 27,1 до 29,7 т/га зеленой массы, наблюдали тенденцию в повышении продуктивности посевов с увеличением в посеве доли овса (табл. 3.26).

При этом обнаружили, что коэффициент вариации (4,6 %) урожайности был меньше 10%, что свидетельствует о незначительной изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева.

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг д.в. на га в смешанных посевах люпина и овса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности от 28,6 до 32,1 т/га, при этом увеличение мятликового ком-

понента в смешанном посеве изменяло урожайность незначительно, коэффициент вариации был от 4,4 до 4,5 %.

Таблица 3.26 – Влияние калийного удобрения и нормы высева на продуктивность зеленой массы гетерогенных посевов, т/га (среднее 2011-2013 годы)

Культура (норма высева, млн. шт./га)	Контроль	K ₁₈₀	K ₂₁₀	V, %
Люпин (1,0) + овёс (1,5)	27,1	28,6	29,4	4,1
Люпин (1,0) + овёс (2,5)	28,1	29,9	30,8	4,6
Люпин (1,0) + овёс (3,5)	29,7	31,3	32,1	3,9
V, %	4,6	4,5	4,4	–
Люпин (1,0) + райграс (1,5)	25,3	26,8	28,0	5,1
Люпин (1,0) + райграс (2,5)	26,0	28,2	28,8	5,3
Люпин (1,0) + райграс (3,0)	26,6	28,7	29,8	5,7
V, %	2,4	3,5	3,2	–
Люпин (1,0) + суданская трава (1,0)	33,6	34,4	35,4	2,6
Люпин (1,0) + суданская трава (1,5)	32,3	33,4	34,4	3,1
Люпин (1,0) + суданская трава (2,0)	30,7	32,1	32,8	3,4
V, %	4,5	3,5	3,8	–
Люпин (1,0) + просо (2,0)	29,5	30,2	31,5	3,3
Люпин (1,0) + просо (2,5)	31,1	31,9	32,8	2,7
Люпин (1,0) + просо (3,0)	32,2	33,2	34,4	3,3
V, %	4,3	4,8	4,5	–

Использование возрастающих доз калийного удобрения незначительно влияло на показатель урожайности зеленой массы смешанных посевов люпина и овса, коэффициент вариации колебался от 3,9 до 4,6 %.

Урожайность зеленой массы смешанных посевов люпина и райграса при возделывании без применения минерального удобрения колебалась в зависимости от соотношения компонентов от 25,3 до 26,6 т/га, наблюдали тенденцию в повышении продуктивности посевов с увеличением мятликового компонента. При этом обнаружили, что коэффициент вариации (2,4 %) урожайности был меньше 10%, что свидетельствует о незначительной изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева (табл. 3.26).

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг д.в. на га в смешанных посевах люпина и райграса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности от 26,8 до 29,8 т/га, при этом увеличение мятликового

компонента в смешанном посеве изменяло урожайность незначительно, коэффициент вариации был от 3,2 до 3,5 %.

Использование возрастающих доз калийного удобрения незначительно влияло на показатель урожайности зеленой массы смешанных посевов люпина и райграса, коэффициент вариации колебался от 5,1 до 5,7 %.

Урожайность зеленой массы смешанных посевов люпина и суданской травы при возделывании без применения минерального удобрения колебалась в зависимости от соотношения компонентов от 30,7 до 33,6 т/га, наблюдали тенденцию в снижении продуктивности посевов с увеличением мятликового компонента. При этом обнаружили, что коэффициент вариации (4,5 %) урожайности был меньше 10%, что говорит о незначительной изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева (табл. 3.26).

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг д. в. на га в смешанных посевах люпина и суданской травы наблюдали тенденцию к увеличению урожайности, при этом увеличение мятликового компонента в смешанном посеве незначительно снижало урожайность, коэффициент вариации был от 3,5 до 3,8 %.

Использование возрастающих доз калийного удобрения незначительно влияло на показатель урожайности зеленой массы смешанных посевов люпина и суданской травы, коэффициент вариации колебался от 2,6 до 3,4 %.

Урожайность зеленой массы смешанных посевов люпина и проса при возделывании без применения минерального удобрения колебалась в зависимости от соотношения компонентов от 29,5 до 32,2 т/га, наблюдали тенденцию в повышении продуктивности посевов с увеличением мятликового компонента. При этом обнаружили, что коэффициент вариации (4,3 %) урожайности был меньше 10%, что говорит о незначительной изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева (табл. 3.26).

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг д.в. на га в смешанных посевах люпина и проса наблюдали тенденцию к увеличению урожайности от 30,2 до 34,4 т/га, при этом увеличение мятликового ком-

понента в смешанном посеве изменяло урожайность незначительно, коэффициент вариации был от 4,5 до 4,8 %.

Использование возрастающих доз калийного удобрения незначительно влияло на показатель урожайности зеленой массы смешанных посевов люпина и проса, коэффициент вариации колебался от 2,7 до 3,3 %.

Нашими исследованиями установлено, что возрастающие дозы калийного удобрения при возделывании смешанных посевов увеличивают продуктивность посевов, при этом изменения носят незначительный характер (коэффициент вариации находился в пределах от 2,6 до 5,7 %). Наблюдали тенденцию к увеличению урожайности смешанных посевов люпина с овсом, райграсом и просом с увеличением мятликового компонента в посеве и снижению урожайности смешанных посевов люпина с суданской травой с увеличением мятликового компонента.

3.4. Влияние бобового компонента на урожайность смешанных посевов кормовых культур

В работах (Белоус и др., 2012; Харкевич и др., 2012) рассмотрено влияние видовых различий мятликовых трав на урожайность одновидовых посевов. В работе (Пакшина, Белоус, 2018) выполнена сравнительная оценка урожайности одновидовых и смешанных посевов кормовых культур.

Известно, что напряжённость электростатического поля капиллярно-пористых систем зависит от величины ЕКО (Воюцкий, 1975). В работе (Пакшина, Белоус, 2018) было показано, что при достатке и избытке влаги смешанные посевы формируют более высокую урожайность, чем одновидовые. При недостатке влаги и повышенном радиационном балансе смешанные посевы в большей степени, чем одновидовые, снижают поглощение солнечной радиации, а также урожайность. Введение в смешанные посевы культур с более низкой ЕКО корней, чем остальные, понизило напряжённость электростатического поля всей корневой системы, скорость потоков влаги к зоне корневых волосков, доступность влаги и элементов питания, урожайность в сравнении с одновидовыми посевами.

Для выявления механизма влияния бобового компонента на урожайность кормовых культур использовали средние значения показателей фитоклиматических условий в весенне-летний период вегетации, урожайности, транспирации, доступности влаги и элементов питания посевам кормовых культур за период 2011-2013 гг.

Период вегетации культур в 2013 году характеризовался повышенным радиационным балансом, температурой воздуха, испаряемостью, дефицитом атмосферной влаги и коэффициентом увлажнения (КУ), соответствующим степной зоне. В другие годы 2011, 2012 условия были благоприятны для возделывания кормовых культур.

В таблице 3.27 приведены показатели, характеризующие протекание процесса биовыноса элементов питания из почвы. При приблизительно равной норме высева смешанные посевы: люпин + овёс, люпин + суданская трава, люпин + просо увеличили урожайность фитомассы культур по сравнению с одновидовыми посевами на вариантах: контроль, K_{180} , K_{210} соответственно в 3,7; 2,2; 2,3; 2,8; 2,1; 2,1 и 2,6; 2,6; 2,0 раза. При снижении нормы высева семян райграса в 2 раза смешанные посевы люпин + райграс увеличили урожайность фитомассы на тех же вариантах по сравнению с одновидовыми посевами райграса в 4,4; 4,0; 3,6 раза. Из этих цифр следует, что произошло увеличение урожайности смешанных посевов кормовых культур по сравнению с одновидовыми посевами, полученными на контроле.

Смешанные посевы овса посевного, райграса однолетнего, суданской травы, просо посевного с люпином жёлтым в среднем на трёх вариантах повысили урожайность фитомассы трав по сравнению с одновидовыми посевами соответственно на 5,1; 5,6; 4,6; 4,3 т/га.

Если сравнивать урожайность смешанных посевов кормовых культур с одновидовыми посевами люпина жёлтого, то средняя прибавка на вариантах опыта составит соответственно 1,5; 1,3; 2,5; 2,2 т/га. Отсюда следует, что наибольшую прибавку урожайности смешанные посевы имеют с засухоустойчивыми культурами: (суданская трава, просо посевные) по сравнению с одновидовыми посевами люпина жёлтого.

Количественным показателем доступности почвенной влаги корневой системы кормовых культур является относительная транспирация, на смешанных посевах по сравнению с одновидовыми посевами она увеличилась в среднем на трёх вариантах соответственно в 3,1; 4,0; 2,1; 2,2 раза. Число Pe снизилось на смешанных посевах в 1,5 раза по сравнению с одновидовыми посевами кормовых культур.

Таблица 3.27 – Относительная транспирация и урожайность одновидовых и смешанных посевов кормовых культур (среднее за 2011-2013 гг.).

Культура	Н	Контроль				K ₁₈₀				K ₂₁₀			
		У	$\Sigma_b E_T$	$\frac{\Sigma_b E_T}{\Sigma_b E_0}$	Pe	У	$\Sigma_b E_T$	$\frac{\Sigma_b E_T}{\Sigma_b E_0}$	Pe	У	$\Sigma_b E_T$	$\frac{\Sigma_b E_T}{\Sigma_b E_0}$	Pe
Люпин жёлтый	1,2	5,8	274	1,0	0,71	6,4	302	1,1	0,68	6,6	311	1,2	0,65
Овёс посевной	5,0	2,0	94	0,4	0,90	2,8	132	0,5	0,86	3,1	146	0,5	0,86
Люпин + овёс	1+1,5	6,8	321	1,2	0,65	7,2	340	1,3	0,62	7,4	349	1,3	0,62
Люпин + овёс	1+2,5	7,0	390	1,3	0,62	7,3	345	1,3	0,62	7,7	363	1,4	0,60
Люпин + овёс	1+3,5	7,4	349	1,3	0,62	7,8	368	1,4	0,60	8,0	378	1,4	0,60
Райграс однолетний	8,0	1,6	75	0,3	0,92	1,9	90	0,3	0,90	2,2	104	0,4	0,89
Люпин + райграс	1+1,5	6,4	302	1,1	0,68	6,8	321	1,2	0,65	7,0	330	1,3	0,62
Люпин + райграс	1+2,5	6,7	316	1,2	0,65	7,1	335	1,3	0,62	7,3	345	1,3	0,62
Люпин + райграс	1+3,0	7,1	335	1,3	0,62	7,6	359	1,4	0,60	7,9	373	1,4	0,60
Суданская трава	2,0	3,9	184	0,7	0,80	4,1	193	0,7	0,78	4,3	203	0,8	0,77
Люпин + суданская трава	1+1,0	8,5	401	1,5	0,47	8,7	411	1,6	0,54	9,0	425	1,6	0,54
Люпин + суданская трава	1+1,5	8,1	382	1,5	0,48	8,4	396	1,5	0,57	8,6	406	1,6	0,54
Люпин + суданская трава	1+2,5	7,7	363	1,4	0,60	8,1	382	1,4	0,60	8,2	387	1,5	0,57
Просо посевное	5,0	3,5	165	0,6	0,82	3,9	184	0,7	0,80	4,2	198	0,8	0,78
Люпин + просо	1+2,0	7,4	349	1,3	0,62	7,6	359	1,4	0,59	7,9	373	1,4	0,80
Люпин + просо	1+2,5	7,7	363	1,4	0,60	8,0	378	1,4	0,59	8,2	387	1,5	0,57
Люпин + просо	1+3,5	8,1	382	1,5	0,47	8,3	392	1,5	0,57	8,6	406	1,6	0,57

Примечание: Н – норма выноса семян, млн. шт. на 1 га; У – урожайность воздушно-сухой фитомассы кормовых культур, т/га; $\Sigma_b E_T$ – транспирация за период вегетации, мм; $\Sigma_b E_T / \Sigma_b E_0$ – относительная транспирация; Pe – число Пекле (отношение диффузии к конвекции в общем потоке влаги, D/vr).

Доступность почвенной влаги корневой системы растений смешанных посевов по сравнению одновидовыми посевами люпина жёлтого увеличилась незначительно, соответственно в 1,3; 1,3;1,4; 1,4 раза.

На одновидовых посевах овса посевного, райграса однолетнего, суданской травы, просо посевного доступность почвенной влаги корневой системы растений приблизительно равными, соответственно ВРК, ВЗ, ВРК, ВРК, тогда как на смешанных посевах – оптимальной влажности, при ППВ.

Для выявления механизма, вызывающего увеличение скорости потока влаги к корневой системе смешанных посевов трав, были рассчитаны напряженности электростатических полей одновидовых и смешанных посевов трав, которые представлены в таблице 3.28.

Таблица 3.28 – Напряженность электростатических полей корневых систем одновидовых и смешанных посевов трав в течение вегетации (среднее 2011-2013 годы)

Культура	Н	ΣC_i			K_{180}		K_{210}	
		кон- троль	K_{180}	K_{210}	λ_6	Е	λ_6	Е
Люпин жёлтый	1,2	4,64	5,04	5,11	0,28	-0,41	0,31	-0,48
Овёс	5,0	2,27	2,65	2,82	1,17	-1,30	1,48	-1,79
Люпин + овёс	1,0 + 3,5	4,04	4,17	4,26	0,08	-0,13	0,14	-0,23
Райграс однолетний	8,0	2,46	2,53	2,64	0,33	-0,37	0,68	-0,76
Люпин + райграс	1,0 + 3	3,63	3,76	3,84	0,11	-0,18	0,16	-0,26
Суданская трава	2,0	3,20	3,27	3,37	0,10	-0,13	0,21	-0,27
Люпин + суданская трава	1,0 + 1,0	4,00	4,1	4,17	0,08	-0,13	0,10	-0,18
Просо посевное	5,0	2,62	2,71	2,81	0,16	-0,20	0,34	-0,43
Люпин + просо посевное	1,0 + 3,0	3,41	9,47	3,52	0,05	-0,09	0,07	-0,13

Примечание: Н – норма высева семян, млн. шт. на 1 га; ΣC_i – суммарное содержание элементов питания в фитомассе трав, %; λ_6 – параметр биовыноса, 1/м; Е – безразмерное значение напряженности электростатического поля корневой системы и почвы, 1/м.

Как следует из таблицы 3.28, на смешанных посевах кормовых трав наблюдается повышение напряженности отрицательного электростатического поля вокруг корневых систем и поверхности почвенных капилляров. Напряженность

электростатических полей смешанных посевов трав овса посевного, райграса однолетнего, суданской травы, проса посевного по сравнению с одновидовыми посевами повысилась соответственно в 9; 3; 1,5; 2,7 раза. Увеличение величины E вызвало ускорение потоков влаги к корневой системе, изменение соотношения конвекции и диффузии в общем потоке влаги.

Доля конвенции в потоке почвенной влаги к корневой системе растений на одновидовых посевах трав: овёс посевной, райграсс однолетний, суданская трава, просо посевное составляла соответственно 14; 10; 13; 2%, тогда как на посевах смешанных трав соответственно 40; 40; 46; 45%.

Увеличение конвенции и потока почвенной влаги к корневой системе растений оказало существенное влияние на доступность элементов питания культурам. В таблице 3.29 приведен элементный состав одновидовых и смешанных посевов трав.

Как следует из таблицы 3.29, содержание макроэлементов P, K, Ca в фитомассе трав на вариантах, за некоторым исключением, относящимся к посевам суданской травы, повышается на смешанных в сравнении с одновидовыми посевами культур.

Макроэлементы P, K, Ca передвигаются с потоком почвенной влаги в виде ионов PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , K^+ , Ca^{2+} . Доступность этих ионов корневой системе растений зависит от доли конвенции в общем потоке почвенного раствора, которая значительно повышается на смешанных посевах трав.

Ион Mg^{2+} обладает высокой адсорбционной способностью среди катионов, превосходящий ион Ca^{2+} . Большая часть иона Mg^{2+} сосредоточена в адсорбционной слое ДЭС и доставка его к поверхности корней может осуществляться диффузионным потоком. В корнеобитаемом слое смешанных посевов суданской травы и просо посевного доля диффузии в общем потоке почвенного раствора понижена в сравнении с посевами овса посевного и райграса однолетнего. Поэтому содержание Mg в фитомассе овса посевного и райграса однолетнего смешанных посевов увеличивается в сравнении с одновидовыми, в фитомассе суданской травы и просо посевного, наоборот, уменьшается.

Таблица 3.29 – Элементный состав одновидовых и смешанных посевов кормовых трав (среднее за 2011-2013 гг.)

Культура	Н	C _i					K/N
		N	P	K	Ca	Mg	
контроль							
Люпин жёлтый	1,2	2,02	0,17	1,64	0,57	0,40	0,8
Овёс посевной	5,0	0,91	0,07	0,95	0,24	0,10	1,0
Люпин + овёс	1,0 + 3,5	2,07	0,12	1,31	0,40	0,14	0,6
Райграс однолетний	8,0	0,96	0,08	1,04	0,28	0,10	1,1
Люпин + райграс	1,0 + 3,0	1,96	0,10	1,13	0,32	0,12	0,6
Суданская трава	2,0	0,85	0,12	1,62	0,43	0,18	1,9
Суданская трава + люпин	1,0 + 1,0	1,97	0,14	1,35	0,43	0,13	0,7
Просо посевное	5,0	0,97	0,11	1,12	0,32	0,17	1,1
Люпин + просо посевное	1,0 + 3,0	1,56	0,12	1,23	0,38	0,12	0,8
K ₁₈₀							
Люпин жёлтый	1,2	2,06	0,18	1,97	0,6	0,23	0,96
Овёс посевной	5,0	0,99	0,10	1,14	0,33	0,09	1,10
Люпин + овёс	1,0 + 3,5	2,14	0,15	1,34	0,41	0,13	0,6
Райграс однолетний	8,0	0,97	0,09	1,06	0,32	0,09	1,1
Люпин + райграс	1,0 + 3,0	1,99	0,12	1,18	0,35	0,11	0,6
Суданская трава	2,0	0,89	0,13	1,64	0,44	0,17	1,8
Суданская трава + люпин	1,0 + 1,0	2,03	0,14	1,37	0,44	0,12	0,7
Просо посевное	5,0	1,03	0,11	1,17	0,34	0,09	1,1
Люпин + просо посевное	1,0 + 3,0	1,58	0,17	1,21	0,40	0,11	0,8
K ₂₁₀							
Люпин жёлтый	1,2	2,13	0,19	1,97	0,61	0,21	0,9
Овёс посевной	5	1,11	0,11	1,18	0,34	0,08	1,1
Люпин + овёс	1 + 3,5	2,15	0,16	1,39	0,43	0,13	0,6
Райграс однолетний	8	1,02	0,10	1,10	0,33	0,08	1,1
Люпин + райграс	1 + 3	2,03	0,13	1,21	0,37	0,10	0,6
Суданская трава	2	0,94	0,15	1,65	0,45	0,15	1,7
Суданская трава + люпин	1 + 1	2,06	0,15	1,37	0,45	0,11	0,7
Просо посевное	5	1,07	0,12	1,20	0,34	0,14	1,1
Люпин + просо посевное	1 + 3	1,60	0,13	1,28	0,41	0,10	0,8

Примечание: Н – норма высева семян, млн. шт. на га; C_i – содержание элемента питания в воздушно-сухой фитомассе, %; K/N – соотношение содержания K и N в фитомассе трав.

Содержание азота в фитомассе смешанных посевов трав в 1,5-2 раза больше, чем в фитомассе одновидовых посевов трав. Увеличение содержания азота в фитомассе смешанных посевов трав позволяет предположить, что фиксированный клубеньковыми бактериями на корнях люпина жёлтого азот доступен корневым системам компонентов травосмеси.

Величина K/N является важным показателем процесса биосинтеза органических веществ в фитомассе посевов трав. Из экспериментальных данных работ (Пакшина, Петухов, 1976; Анишина, 2012) следует, что при $K/N \geq 1$ в фитомассе трав увеличивается содержание сырого протеина, при $K/N < 1$ увеличивается содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). Имеет место одновременная прямопропорциональная зависимость от содержания K в фитомассе трав сырого протеина и прямопропорциональная зависимость БЭВ от содержания Mg в фитомассе трав.

Как следует из таблицы 3.29, на всех вариантах одновидовых посевов трав значение $K/N \geq 1$, тогда как на смешанных посевах – $K/N < 1$. Увеличение содержания N в фитомассе смешанных посевов трав вызваны доступностью N , фиксированного клубеньковыми бактериями на корнях люпина жёлтого, корневой системой основной культуры, не компенсируется необходимым количеством K для синтеза сырого протеина, и возникают условия для синтеза БЭВ, в фитомассе смешанных посевов трав.

В таблице 3.30 представлены показатели качества кормов одновидовых и смешанных посевов трав. Содержание Mg в фитомассе смешанных посевов трав повлияло на показатели качества трав, отношение кальция к магнию и калия к сумме кальция и магния. Как следует из таблицы 3.30, смешанные посевы суданской травы и просо посевного характеризуются большими значениями $Ca \setminus Mg$ и меньшими значениями $K \setminus (Ca+Mg)$, чем смешанные посевы овса посевного и райграсса однолетнего. Показатель качества $Ca \setminus P$ зависит от доли конвекции в общем потоке влаги, которая более высокая, чем в одновидовых посевах трав. Смешанные посевы кормовых трав с люпином жёлтым повысили основные показатели качества корма по сравнению с одновидовыми посевами.

Таблица 3.30 – Экспериментальные значения показателей качества кормов одновидовых и смешанных посевов трав (среднее за 2011-2013 гг.)

Культура	Н	Контроль			K ₁₈₀			K ₂₁₀		
		Ca \ Mg	Ca \ P	K \ Ca + Mg	Ca \ Mg	Ca \ P	K \ Ca + Mg	Ca \ Mg	Ca \ P	K \ Ca + Mg
Люпин жёлтый	1,2	2,4	3,4	2,8	3,7	3,3	2,7	4,2	3,1	2,8
Овёс посевной	5,0	2,9	3,3	2,4	3,1	2,7	2,5	3,3	2,7	2,5
Люпин + овёс	1,0 + 3,5	2,8	3,5	2,7	3,6	3,6	2,6	4,1	3,3	2,7
Райграс однолетний	8,0	2,7	3,2	2,6	3,2	2,9	2,6	3,7	2,8	2,6
Люпин + райграс	1,0 + 3,0	2,4	3,6	2,7	2,6	3,4	2,7	3	3	2,7
Суданская трава	2,0	3,3	3,1	2,4	3,7	3,1	2,4	4,1	3	2,4
Суданская трава + люпин	1,0 + 1,0	3,2	2,9	2,7	3,8	3,1	2,7	4,2	2,8	2,9
Просо посевное	5,0	3,2	3,2	2,5	3,6	2,3	2,4	4,1	3,1	2,5

Примечание: Н – норма высева семян, млн. шт. на 1 га .

Анализ результатов исследования даёт возможность сделать следующие выводы: 1) раскрыт механизм действия бобового компонента смешанного посева трав, который за счет высокой ЕКО корневой поверхности повышает напряженность отрицательного поля вокруг общей корневой системы (Е). Увеличение Е вызывает ускорение потока влаги к корневой системе смешанного посева, увеличению конвекции в общем потоке влаги, повышению доступности влаги и элементов питания, урожайности по сравнению с одновидовым посевом; 2) бобовый компонент увеличивает в 1,5-2,0 раза содержание азота в смешанном посеве трав из-за доступности клубенькового азота корневым системам посева; 3) если содержание азота в фитомассе смешанного посева не компенсируется необходимым количеством K^+ для синтеза сырого протеина, то повышается синтез БЭВ.

Результаты полевых опытов по сравнительной оценке смешанных посевов кормовых культур с бобовым компонентом дают возможность предложить следующие практические рекомендации: 1) для повышения доступности влаги, элементов питания и урожайности одновидовых посевов кормовых трав необходимо

добавлять бобовый компонент; 2) при выборе бобового компонента для запланированного смешанного посева трав необходимо соблюдать следующие условия: природная среда обитания бобового компонента должна приблизительно совпадать со средой обитания основных культур и ёмкость катионного обмена корней бобового компонента должна превышать ёмкость катионного обмена корней основной культуры; 3) для повышения содержания сырого протеина и уменьшения содержания безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в фитомассе смешанных посевов кормовых трав, обусловленные доступностью фиксированного клубеньковыми бактериями азота к корневой системе основной культуры и вызванного недостатком К в почве, для синтеза белковых веществ необходимо внесение калийного удобрения.

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО КОРМОВ ОДНОВИДОВЫХ И СМЕШАННЫХ ПОСЕВОВ

Питание это процесс взаимодействия животного организма и поступающими в него кормовым средствам. В процессе питания элементы питания кормов влияют на организм животного в комплексе, а не изолированно друг от друга. Сбалансированность в соответствии с потребностями животных в энергии и сухом веществе, протеине, углеводах, жирах, минеральных элементах, витаминах и других биологически активных веществах являются главными показателями полноценности в питании животного.

Решающая роль в эффективном развитии животноводства принадлежит сбалансированной кормовой базе. К ускоренному развитию животноводства ведет организация с помощью высококачественных кормов полноценного кормления. Корма, выпускаемые промышленностью и производимые в хозяйствах, в значительной степени различаются по назначению, физическим и технологическим свойствам, питательности и составу (Кормление сельскохозяйственных..., 2004).

4.1. Влияние минеральных удобрений на биохимические показатели воздушно-сухой массы кормовых культур

Биологические особенности кормовых культур и природно-климатические условия пойменных лугов юго-запада Брянской области в период исследований позволяют получать урожаи воздушно-сухой массы мятликовых трав с содержанием сырого протеина от 9,6 до 10,8 % в зависимости от вида кормовой культуры (табл. 4.1).

Установили убывающий ряд по этому показателю: двукосточник тростниковый → овсяница луговая → ежа сборная, при этом коэффициент вариации (V) был 6%, это свидетельствует о незначительной изменчивости показателя.

Таблица 4.1 – Влияние минеральных удобрений на биохимические показатели воздушно-сухой массы мятликовых трав, % (среднее за 2009-2011 гг.)

Показатель	Культура	Контроль	N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	V, %
Сырой протеин	Ежа сборная	9,6	14,6	14,8	15,1	14,8	15,4	15,5	14,9
	Овсяница луговая	10,4	13,9	14,9	15,1	15,3	15,3	15,5	12,7
	Двукосточник тростниковый	10,8	14,3	14,4	15,5	14,9	15,4	15,6	11,9
V, %		6,0	2,5	1,6	1,7	2,0	0,5	0,4	–
Сырая зола	Ежа сборная	7,3	7,4	8,2	8,4	8,3	9,2	9,4	10,2
	Овсяница луговая	7,3	8,8	8,9	9,0	8,9	9,0	9,3	7,5
	Двукосточник тростниковый	7,4	8,5	8,7	8,9	8,8	9,0	9,6	7,6
V, %		1,3	9,0	4,1	3,3	4,2	1,5	1,4	–
Сырая клетчатка	Ежа сборная	27,3	29,6	30,5	29,3	31,6	31,9	32,3	5,9
	Овсяница луговая	27,4	29,9	30,8	29,8	29,9	30,4	31,1	4,1
	Двукосточник тростниковый	27,6	29,1	31,2	31,8	29,6	31,6	31,7	5,4
V, %		0,6	1,4	1,3	4,4	3,6	2,5	2,0	–
Сырой жир	Ежа сборная	3,3	3,8	3,9	4,0	3,9	4,0	4,0	6,5
	Овсяница луговая	3,4	3,7	3,7	3,9	3,8	3,9	3,9	5,2
	Двукосточник тростниковый	3,4	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	3,9	4,7
V, %		2,0	2,7	3,1	1,8	0,8	1,2	0,8	–
БЭВ	Ежа сборная	52,6	44,7	42,6	44,3	41,5	39,6	32,8	13,5
	Овсяница луговая	51,5	43,9	41,8	42,4	42,1	41,5	40,6	8,5
	Двукосточник тростниковый	50,8	44,5	41,9	40,0	42,8	40,2	39,2	9,2
V, %		1,8	1,0	1,0	5,1	1,6	2,4	11,1	–

При применении возрастающих доз полного минерального удобрения от N₄₅P₆₀K₄₅ до N₆₀P₆₀K₆₀ наблюдали тенденцию к повышению содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе кормовых культур от 14,8 до 14,3 % в зависимости от вида. Обнаружили тенденцию к увеличению содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе кормовых культур от 15,1 до 15,5 % в зависимости от вида культур при повышении доз калийных удобрений в полном (N₄₅P₆₀K₄₅) минеральном удобрении до K₇₅ и от 15,5 до 15,6 % при повышении доз калийных удобрений в полном (N₆₀P₆₀K₆₀) минеральном удобрении K₉₀.

Выявили, что возрастающие дозы минерального удобрения в средней степени изменяли показатель содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе мятликовых трав, коэффициент вариации в зависимости от вида трав колебался от

11,9 до 14,9 %. При этом, если сравнивать изменение между собой содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе, исследуемых трав под действием доз полного минерального удобрения, то обнаружим незначительную изменчивость от 0,4 до 2,5 % этого показателя, то есть минеральные удобрения уменьшили коэффициент вариации.

Содержание сырой золы в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга колебалось от 7,3 до 7,4%, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 1,3%). При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания сырой золы в воздушно-сухой массе от 9,3 до 9,6 % в зависимости от вида культуры, однако действие возрастающих доз полного минерального удобрения на изменение показателя при возделывании овсяницы луговой и двукисточника тростникового было незначительным (V соответственно 7,5 и 7,6 %), а при возделывании ежи сборной средним ($V = 10,6$ %).

Содержание сырой клетчатки в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга колебалось от 27,3 до 27,6%, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 0,6 %). При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания сырой клетчатки в воздушно-сухой массе от 31,1 до 32,3 % в зависимости от вида культуры, однако действие возрастающих доз полного минерального удобрения на изменение показателя при возделывании мятликовых трав было незначительным (V был меньше 10 %).

Содержание сырого жира в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга колебалось от 3,3 до 3,4 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 2,0 %). При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания сырого жира в воздушно-сухой массе от 3,9 до 4,0 % в зависимости от

вида культуры, однако действие возрастающих доз полного минерального удобрения на изменение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался в зависимости от вида культуры от 4,7 до 6,5 %.

Содержание БЭВ в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга колебалось от 50,8 до 52,6 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 1,8 %). При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к снижению содержания БЭВ в воздушно-сухой массе от 32,8 до 40,6 % в зависимости от вида культуры, однако действие возрастающих доз полного минерального удобрения на изменение показателя при возделывании овсяницы луговой и двукисточника тростникового было незначительным (V соответственно 8,5 и 9,2 %), а при возделывании ежи сборной средним ($V = 13,5$ %) (табл. 4.1).

При применении возрастающих доз фосфорно-калийного минерального удобрения от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ наблюдали тенденцию к повышению содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе кормовых культур от 11,8 до 12,1 % в зависимости от вида, при этом действие минерального удобрения на изменение показателя при возделывании овсяницы луговой и двукисточника тростникового было незначительным (V соответственно 7,1 и 5,9 %), а при возделывании ежи сборной средним ($V = 11,6$ %) (табл. 4.2).

Содержание сырой золы в воздушно-сухой массе кормовых культур при применении возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ колебалось от 7,3 до 8,0% в зависимости от вида, при этом действие возрастающих доз удобрения на повышение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался в зависимости от вида культуры от 0,0 до 4,1 %.

Содержание сырой клетчатки в воздушно-сухой массе кормовых культур при применении возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ колебалось от 28,0 до 29,3% в зависимости от вида, при этом действие возрастающих доз удобрения на повышение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался в зависимости от вида культуры от 0,9 до 3,5 %.

Таблица 4.2 – Влияние фосфорно-калийных удобрений на биохимические показатели воздушно-сухой массы мятликовых трав, % (среднее за 2009-2011 гг.)

Показатель	Культура	Контроль	P ₆₀ K ₄₅	P ₆₀ K ₆₀	V, %
Сырой протеин	Ежа сборная	9,6	11,3	12,1	11,6
	Овсяница луговая	10,4	11,8	11,8	7,1
	Двукосточник тростниковый	10,8	11,8	12,1	5,9
V, %		6,0	1,5	3,4	–
Сырая зола	Ежа сборная	7,3	7,3	7,3	0,0
	Овсяница луговая	7,3	7,6	7,6	2,3
	Двукосточник тростниковый	7,4	8,0	7,9	4,1
V, %		0,8	4,6	3,9	–
Сырая клетчатка	Ежа сборная	27,3	28,3	29,3	3,5
	Овсяница луговая	27,4	28,2	28,3	1,8
	Двукосточник тростниковый	27,6	28,0	28,1	0,9
V, %		0,6	0,5	2,3	–
Сырой жир	Ежа сборная	3,3	3,5	3,5	3,4
	Овсяница луговая	3,4	3,6	3,6	3,3
	Двукосточник тростниковый	3,4	3,5	3,5	1,7
V, %		1,7	1,6	1,6	–
БЭВ	Ежа сборная	52,6	48,8	46,0	6,7
	Овсяница луговая	51,5	48,9	48,7	3,1
	Двукосточник тростниковый	50,8	48,3	48,5	2,8
V, %		1,8	0,7	3,2	–

Содержание сырого жира в воздушно-сухой массе кормовых культур при применении возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения от P₆₀K₄₅ до P₆₀K₆₀ колебалось от 3,5 до 3,6 % в зависимости от вида, при этом действие возрастающих доз удобрения на повышение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался в зависимости от вида культуры от 1,7 до 3,4 %.

Содержание БЭВ в воздушно-сухой массе кормовых культур при применении возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения от P₆₀K₄₅ до P₆₀K₆₀ колебалось от 46,0 до 48,9 % в зависимости от вида, при этом действие возрастающих доз удобрения на снижение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался в зависимости от вида культуры от 2,8 до 6,7 % (табл. 4.2).

Биологические особенности кормовых культур и природно-климатические условия суходольных лугов юго-запада Брянской области в период исследований позволяют получать урожаи воздушно-сухой массы бобовых и мятликовых куль-

тур с содержанием сырого протеина от 5,9 до 11,9 % в зависимости от вида культуры (табл. 4.3).

Установили убывающий ряд по этому показателю: люпин желтый → просо посевное → райграс однолетний → овес посевной \approx суданская трава, при этом коэффициент вариации был 35,0 %, это свидетельствует о значительной изменчивости показателя, однако, если в этом ряду не размаривать культуру семейства бобовых, то изменчивость показателя будет средней.

При применении возрастающих доз калийного минерального удобрения от K_{180} до K_{210} наблюдали тенденцию к повышению содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе кормовых культур от 6,3 до 12,8 % в зависимости от вида, при этом действие возрастающих доз удобрения на повышение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался в зависимости от вида культуры от 1,4 до 7,9 % (табл. 4.3).

Содержание сырой золы в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях дерново-подзолистых песчаных почв колебалось от 3,8 до 5,8 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было средним (коэффициент вариации равен 16,0 %). При применении возрастающих доз калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания сырой золы в воздушно-сухой массе от 4,8 до 6,4 % в зависимости от вида культуры, однако действие возрастающих доз калийного минерального удобрения на изменение этого показателя было незначительным, за исключением действия калийных удобрений при возделывании суданской травы, где изменчивость показателя было средней ($V = 11,8$ %).

Содержание сырой клетчатки в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях полевого кормопроизводства колебалось от 26,2 до 32,9 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 9,6 %). При применении возрастающих доз калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания сырой клетчатки в воздушно-сухой массе от 27,3 до 33,9 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих

доз калийного удобрения на изменение показателя было незначительным (V был меньше 10 %).

Таблица.3 – Влияние калийных удобрений на биохимические показатели воздушно-сухой массы кормовых культур, % (среднее за 2011-2013 гг.)

Показатель	Культура	Контроль	K ₁₈₀	K ₂₁₀	V, %
Сырой протеин	Люпин желтый	11,9	12,4	12,8	3,6
	Овес посевной	5,9	6,6	6,9	7,9
	Райграс однолетний	6,0	6,2	6,3	2,5
	Суданская трава	5,9	6,3	6,9	7,9
	Просо посевное	7,2	7,3	7,4	1,4
V, %		35,0	33,9	33,2	–
Сырая зола	Люпин желтый	4,5	5,2	5,3	8,7
	Овес посевной	4,6	5,4	5,5	9,5
	Райграс однолетний	5,8	6,2	6,4	5,0
	Суданская трава	3,8	4,5	4,8	11,8
	Просо посевное	4,3	4,9	5,1	8,7
V, %		16,0	12,1	11,2	–
Сырая клетчатка	Люпин желтый	32,9	33,4	33,9	1,5
	Овес посевной	26,8	27,2	27,4	1,1
	Райграс однолетний	26,2	26,9	27,3	2,1
	Суданская трава	30,7	31,6	32,3	2,5
	Просо посевное	30,4	31,2	31,9	2,4
V, %		9,6	9,6	9,9	–
Сырой жир	Люпин желтый	1,4	1,6	1,6	7,5
	Овес посевной	2,2	2,3	2,4	4,3
	Райграс однолетний	2,6	3,3	2,8	12,4
	Суданская трава	2,0	2,1	2,2	4,8
	Просо посевное	3,2	3,3	3,4	3,0
V, %		29,5	30,0	27,1	–
БЭВ	Люпин желтый	36,8	35,1	34,1	3,9
	Овес посевной	48,5	46,7	45,9	2,8
	Райграс однолетний	49,8	44,9	45,1	6,0
	Суданская трава	46,1	43,3	42,0	4,8
	Просо посевное	42,8	41,2	40,0	3,4
V, %		11,6	10,6	11,4	–

Содержание сырого жира в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях суходольного луга колебалось от 1,4 до 3,2 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 29,5 %). При применении возрастающих доз калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания сырого жира в воздушно-сухой массе от 1,6 до 3,4 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз калийного удоб-

рения на изменение показателя было незначительным, за исключением возделывания райграсса однолетнего, когда наблюдали среднее изменения показателя ($V = 12,4 \%$) под действием удобрений.

Содержание БЭВ в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях полевого кормоприводства колебалось от 36,8 до 49,8 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было средним (коэффициент вариации равен 11,6 %). При применении возрастающих доз калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к снижению содержания БЭВ в воздушно-сухой массе от 34,1 до 45,9 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз калийного удобрения на изменение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался от 2,8 до 6,0 % в зависимости от культуры (табл. 4.3).

Природно-климатические ресурсы юго-запада Брянской области и биологические особенности кормовых культур позволяют получать урожаи воздушно-сухой массы смешанных посевов с содержанием сырого протеина в среднем за годы исследования от 8,9 до 10,2 %, колебание показателя зависело от компонентов и их соотношения в смешанном посеве (табл. 4.4).

Наблюдали тенденцию к увеличению содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе смешанных посевов от 9,3 до 11,4 % при применении калийного минерального удобрения в зависимости от компонентов и их соотношения в посеве. Обнаружили, что с увеличением мятликового компонента в сравнении с бобовым в посеве происходило снижение содержания сырого протеина в воздушно-сухой массе, при этом изменение было незначительным, коэффициент вариации колебался от 2,2 до 6,2 % в зависимости от компонентов и их соотношения в смешанном посеве и применения калийного удобрения.

Содержание сырой золы в воздушно-сухой массе смешанных посевов увеличивалось от 4,3 до 5,0 % при увеличении мятликового компонента в смешанном посеве, при этом показатель изменялся незначительно, коэффициент вариации колебался от 2,4 до 4,5 %, в зависимости от компонентов и их соотношения в посеве. Наблюдали тенденцию к увеличению содержания сырой золы в воздушно-

сухой массе смешанных посевов от 5,0 до 5,7 % при применении калийного минерального удобрения в зависимости от компонентов и их соотношения в посеве.

Таблица 4.4 – Влияние калийных удобрений на биохимические показатели воздушно-сухой массы смешанных посевов кормовых культур, % (среднее за 2011-2013 гг.)

Культура (норма высева, млн. шт./га)	Контроль					K ₁₈₀					K ₂₁₀				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Люпин (1,0) + овёс (1,5)	10,2	4,1	28,2	2,6	42,4	11,1	5,3	29,6	2,8	38,8	11,4	5,4	30,6	3,1	37,1
Люпин (1,0) + овёс (2,5)	10,4	4,2	27,6	2,3	43,4	10,6	5,0	28,5	2,5	41,2	10,7	5,2	28,9	2,5	40,4
Люпин (1,0) + овёс (3,5)	9,4	4,3	28,0	1,9	44,6	9,8	4,7	28,8	2,0	43,0	10,1	5,0	29,3	2,1	41,8
V, %	5,3	2,4	1,1	15,5	2,5	6,2	6,0	2,0	16,6	5,1	6,1	3,8	3,0	19,6	6,1
Люпин (1,0) + райграс (1,5)	10,1	4,5	31,2	1,7	40,4	10,3	4,9	31,5	1,8	39,4	10,5	5,1	31,7	1,9	38,6
Люпин (1,0) + райграс (2,5)	10,6	4,6	31,7	1,6	39,3	10,7	5,0	32,0	1,7	38,4	10,9	5,3	32,2	1,8	37,7
Люпин (1,0) + райграс (3,0)	9,8	4,9	31,9	1,5	40,6	10,0	5,4	32,1	1,5	39,2	10,5	5,7	34,3	1,5	38,3
V, %	4,0	4,5	1,1	6,3	1,7	3,4	5,2	1,0	9,2	1,4	2,2	5,7	4,2	12,0	1,2
Люпин (1,0) + суданская трава (1,0)	10,1	4,2	31,3	1,4	40,8	10,4	4,8	31,6	1,4	39,7	10,6	5,2	32,0	1,5	38,4
Люпин (1,0) + суданская трава (1,5)	9,3	4,4	30,9	1,3	41,6	9,5	5,1	31,4	1,5	40,2	9,6	5,4	32,0	1,5	39,1
Люпин (1,0) + суданская трава (2,0)	9,2	4,5	31,0	1,4	42,2	9,3	5,2	31,2	1,5	41,0	9,6	5,6	31,7	1,5	40,0
V, %	5,2	3,5	0,7	4,2	1,7	6,0	4,1	30,3	3,9	1,6	5,8	3,7	0,5	0,0	2,0
Люпин (1,0) + просо (2,0)	9,6	4,7	31,0	1,8	41,2	9,9	5,1	31,2	1,9	46,9	10,2	5,4	31,5	2,0	39,1
Люпин (1,0) + просо (2,5)	9,3	4,8	31,1	2,0	40,8	9,8	5,2	31,2	2,1	39,9	10,0	5,5	31,4	2,2	39,1
Люпин (1,0) + просо (3,0)	8,9	5,0	31,2	2,2	41,2	9,1	5,3	31,4	2,3	40,5	9,3	5,6	31,6	2,4	39,3
V, %	3,8	3,2	0,3	10,0	0,6	4,5	1,9	0,4	9,5	9,1	4,8	1,8	0,3	9,1	0,3

Примечание: 1 – сырой протеин, 2 – сырая зола, 3 – сырая клетчатка, 4 – сырой жир, 5 – БЭВ.

Содержание сырой клетчатки в воздушно-сухой массе смешанных посевов колебалось от 28,2 до 31,9 %, при этом показатель изменялся незначительно, коэффициент вариации колебался от 0,3 до 1,1 %, в зависимости от компонентов и их соотношения в посеве. Наблюдали тенденцию к увеличению содержания сырой клетчатки в воздушно-сухой массе смешанных посевов при применении калийного минерального удобрения.

Содержание сырого жира в воздушно-сухой массе смешанных посевов колебалось от 1,3 до 2,6 % в зависимости от компонентов и их соотношения в посеве, при этом показатель изменялся незначительно при возделывании смешанных посевов люпина с райграсом и суданской травой, коэффициент вариации был соответственно 6,3 и 4,2 %, при возделывании смешанных посевов люпина с овсом

и просо показатель изменялся средне, коэффициент вариации был соответственно 15,5 и 10,0 %. Наблюдали тенденцию к увеличению содержания сырого жира в воздушно-сухой массе смешанных посевов при применении калийного минерального удобрения.

Содержание БЭВ в воздушно-сухой массе смешанных посевов колебалась от 39,3 до 44,6 %, при этом показатель изменялся незначительно, коэффициент вариации колебался от 0,6 до 2,5 %, в зависимости от компонентов и их соотношения в посевах. Наблюдали тенденцию к снижению БЭВ в воздушно-сухой массе смешанных посевов при применении калийного минерального удобрения (табл. 4.4).

При возделывании кормовых культур в полевом агроценозе на дерново-подзолистых супесчаных почвах установили следующие изменения биохимических показателей воздушно-сухой массы: содержание сырого протеин колебалось от 9,2 до 14,3 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в бобовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 24 %); содержание сырой золы колебалось от 6,9 до 8,3 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в бобовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 9,1 %); содержание сырой клетчатки колебалось от 28,4 до 31,7 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в бобовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 6,1 %); содержание сырого жира колебалось от 2,5 до 3,5 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в бобовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было средним (коэффициент вариации равен 19,7 %); содержание БЭВ колебалось от 31,2 до 41,7 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в мятликовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было средним (коэффициент вариации равен 15,2 %) (табл. 4.5).

Таблица 4.5 – Влияние фосфорно-калийных удобрений на биохимические показатели воздушно-сухой массы кормовых культур, % (среднее за 2013-2015 гг.)

Показатель	Культура	Контроль	P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₇₅	P ₆₀ K ₉₀	P ₆₀ K ₁₀₅	V, %
Сырой протеин	Люцерна изменчивая	14,3	14,4	14,5	14,7	14,9	1,7
	Кострец безостый	9,2	9,4	9,6	9,8	10,1	3,4
	Тимофеевка луговая	10,1	10,4	10,5	10,6	10,7	2,1
V, %		24,0	23,3	22,5	22,6	22,1	–
Сырая зола	Люцерна изменчивая	8,3	8,4	8,4	8,8	8,8	2,7
	Кострец безостый	6,9	7,0	7,1	7,4	7,5	3,6
	Тимофеевка луговая	7,9	8,0	8,1	8,1	8,2	1,4
V, %		9,1	9,1	8,5	8,3	7,8	–
Сырая клетчатка	Люцерна изменчивая	31,7	32,6	32,7	33,0	33,1	1,6
	Кострец безостый	29,0	29,1	29,3	29,7	30,1	1,6
	Тимофеевка луговая	28,4	28,7	29,0	29,2	29,3	1,3
V, %		6,1	7,1	6,9	6,6	6,5	–
Сырой жир	Люцерна изменчивая	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	1,3
	Кострец безостый	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	1,9
	Тимофеевка луговая	2,5	2,6	2,6	2,6	2,7	1,8
V, %		19,7	19,8	19,7	19,3	18,9	–
БЭВ	Люцерна изменчивая	31,2	33,3	32,7	28,5	27,9	8,0
	Кострец безостый	41,7	40,9	40,4	39,4	38,4	3,3
	Тимофеевка луговая	40,5	39,8	38,8	38,6	38,1	2,5
V, %		15,2	10,8	10,9	17,1	17,2	–

В полевом агроценозе, при возделывании кормовых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах с использованием возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении, установили следующие изменения биохимических показателей воздушно-сухой массы: наблюдали тенденцию к повышению содержания сырого протеин от 10,1 до 14,9 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации колебался от 1,7 до 3,4 %); наблюдали тенденцию к повышению содержания сырой золы от 7,5 до 8,8 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации колебался от 1,4 до 3,6 %); наблюдали тенденцию к повышению содержания сырой клетчатки от 29,3 до 33,1 % в зависимости от возделываемой кормовой

культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации колебался от 1,3 до 1,6 %); наблюдали тенденцию к повышению содержания сырого жира от 2,7 до 3,7 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации колебался от 1,3 до 1,9 %); наблюдали тенденцию к снижению содержания БЭВ от 27,9 до 38,4 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации колебался от 2,5 до 8,0 %) (табл. 4.5).

4.2. Влияние минеральных удобрений на элементный состав воздушно-сухой массы кормовых культур

Биологические особенности кормовых культур и природно-климатические условия пойменных лугов юго-запада Брянской области в период исследований позволяют получать урожаи воздушно-сухой массы мятликовых трав с содержанием азота от 1,53 до 1,72 % в зависимости от вида кормовой культуры, при этом изменения показателя в зависимости от вида культуры было незначительным, коэффициент вариации был 6 %. При применении возрастающих доз полного минерального удобрения наблюдали тенденцию к повышению содержания азота в воздушно-сухой массе кормовых культур от 2,48 до 2,50 % в зависимости от вида, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз полного минерального удобрения было средним (коэффициент вариации колебался от 11,8 до 14,7 %) (табл. 4.6).

Содержание фосфора в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга колебалось от 0,24 до 0,26 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 4,6 %). При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению со-

держания фосфора в воздушно-сухой массе от 0,37 до 0,38 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз минерального удобрения на изменение этого показателя было средним, коэффициент вариации колебался от 12,0 до 13,7 % (табл. 4.6).

Таблица 4.6 – Влияние полного минерального удобрения на элементный состав воздушно-сухой массы мятликовых трав, % (среднее за 2009-2011 гг.)

Элемент	Культура	Контроль	N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	V, %
Азот	Ежа сборная	1,53	2,33	2,37	2,41	2,36	2,46	2,48	14,7
	Овсяница луговая	1,67	2,22	2,38	2,41	2,36	2,44	2,48	12,3
	Двукосточник тростниковый	1,72	2,29	2,31	2,48	2,39	2,46	2,50	11,8
V, %		6,0	2,4	1,6	1,7	0,7	0,5	0,5	–
Фосфор	Ежа сборная	0,24	0,34	0,37	0,37	0,34	0,36	0,37	13,7
	Овсяница луговая	0,26	0,36	0,37	0,37	0,36	0,38	0,38	12,0
	Двукосточник тростниковый	0,26	0,32	0,36	0,38	0,32	0,36	0,38	12,7
V, %		4,6	5,9	1,6	1,5	5,9	3,1	1,5	–
Калий	Ежа сборная	1,59	2,44	2,44	2,48	2,45	2,68	2,82	16,2
	Овсяница луговая	1,60	2,45	2,51	2,62	2,46	2,71	2,79	16,2
	Двукосточник тростниковый	1,61	2,45	2,53	2,64	2,53	2,77	2,83	16,4
V, %		0,6	0,2	1,9	3,4	1,8	1,7	0,7	–
Кальций	Ежа сборная	0,51	0,59	0,63	0,64	0,62	0,63	0,65	7,9
	Овсяница луговая	0,51	0,59	0,60	0,61	0,60	0,61	0,63	6,5
	Двукосточник тростниковый	0,51	0,58	0,61	0,62	0,59	0,61	0,63	6,8
V, %		0,0	1,0	2,5	2,5	2,5	1,9	1,8	–
Магний	Ежа сборная	0,40	0,28	0,26	0,25	0,29	0,27	0,25	18,4
	Овсяница луговая	0,40	0,28	0,24	0,23	0,33	0,25	0,24	22,2
	Двукосточник тростниковый	0,42	0,31	0,25	0,24	0,29	0,25	0,24	22,8
V, %		2,8	6,0	4,0	4,2	7,6	4,5	2,4	–

В воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга содержание калия колебалось от 1,59 до 1,61 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 0,6 %). При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания калия в воздушно-сухой массе от 2,79 до 2,83 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз минерального удобрения на изменение этого показателя было средним, коэффициент вариации колебался от 16,2 до 16,4 %.

Содержание кальция в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга вне зависимости от культур было 0,51 %. При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания кальция в воздушно-сухой массе от 0,63 до 0,65 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз минерального удобрения на изменение этого показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался от 6,5 до 7,9 %.

Содержание магния в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях заливного луга колебалось от 0,40 до 0,42 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 2,8 %). При применении возрастающих доз полного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к снижению содержания магния в воздушно-сухой массе от 0,24 до 0,25 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз минерального удобрения на изменение этого показателя было средним, коэффициент вариации колебался от 18,4 до 22,8 % (табл. 4.6).

При применении возрастающих доз фосфорно-калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания азота в воздушно-сухой массе от 1,80 до 1,93 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз удобрения на изменение этого показателя было незначительным при возделывании овсяницы луговой и двукисточника тростникового, коэффициент вариации был соответственно 6,9 и 6,0 %, а при возделывании ежи сборной действие удобрения на исследуемый показатель было средним, коэффициент вариации равен 11,9% (табл. 4.7).

При применении возрастающих доз фосфорно-калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания фосфора в воздушно-сухой массе от 0,30 до 0,32 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз удобрения на изменение этого показателя было незначительным при возделывании двукисточника тростникового, коэффициент вариации был 7,3 %, а при возделывании ежи сборной и

овсяницы луговой действие удобрения на исследуемый показатель было средним, коэффициент вариации соответственно равен 15,7 и 11,5 %.

Таблица 4.7 – Влияние фосфорно-калийных удобрений на элементный состав воздушно-сухой массы мятликовых трав, % (среднее за 2009-2011 гг.)

Элемент	Культура	Контроль	P ₆₀ K ₄₅	P ₆₀ K ₆₀	V, %
Азот	Ежа сборная	1,53	1,94	1,80	11,9
	Овсяница луговая	1,67	1,88	1,89	6,9
	Двукосточник тростниковый	1,72	1,89	1,93	6,0
V, %		6,0	1,7	3,6	–
Фосфор	Ежа сборная	0,24	0,32	0,32	15,7
	Овсяница луговая	0,26	0,32	0,32	11,5
	Двукосточник тростниковый	0,26	0,29	0,30	7,3
V, %		4,6	5,6	3,7	–
Калий	Ежа сборная	1,59	2,28	2,12	18,1
	Овсяница луговая	1,60	2,29	2,15	18,1
	Двукосточник тростниковый	1,61	2,30	2,29	19,1
V, %		0,6	0,4	4,1	–
Кальций	Ежа сборная	0,51	0,53	0,57	5,7
	Овсяница луговая	0,51	0,53	0,57	5,7
	Двукосточник тростниковый	0,51	0,54	0,54	3,3
V, %		0,0	1,1	3,1	–
Магний	Ежа сборная	0,40	0,38	0,37	4,0
	Овсяница луговая	0,40	0,36	0,36	6,2
	Двукосточник тростниковый	0,42	0,35	0,32	14,1
V, %		2,8	4,2	7,6	–

При применении возрастающих доз фосфорно-калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания калия в воздушно-сухой массе от 2,12 до 2,29 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз удобрения на изменение этого показателя было средним, коэффициент вариации колебался 18,1 и 19,1 %.

При применении возрастающих доз фосфорно-калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания кальция в воздушно-сухой массе от 0,54 до 0,57 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз удобрения на изменение этого показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался 3,3 и 5,7 %.

При применении возрастающих доз фосфорно-калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к снижению содержания магния в воздушно-сухой массе от 0,32 до 0,37 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз удобрения на изменение этого показателя было незначительным при возделывании ежи сборной и овсяницы луговой, коэффициент вариации соответственно равен 4,0 и 6,2 %, а при возделывании двухкосточника тростникового действие удобрения на исследуемый показатель было средним, коэффициент вариации был равен 14,1 % (табл. 4.7).

Биологические особенности кормовых культур и природно-климатические условия полевых агроценозов юго-запада Брянской области в период исследований позволяют получать урожаи воздушно-сухой массы бобовых и мятликовых культур с содержанием азота от 0,91 до 2,02 % в зависимости от вида культуры, при этом коэффициент вариации был 43,2 %, это свидетельствует о значительной изменчивости показателя, однако если в этом ряду не размаривать культуру семейства бобовых, то изменчивость показателя будет средней. При применении возрастающих доз калийного минерального удобрения от K_{180} до K_{210} наблюдали тенденцию к повышению содержания азота в воздушно-сухой массе кормовых культур от 0,94 до 2,13 % в зависимости от вида, при этом действие возрастающих доз удобрения на повышение показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался в зависимости от вида культуры от 1,4 до 10,0 % (табл. 4.8).

Содержание фосфора в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях дерново-подзолистых песчаных почв колебалось от 0,18 до 0,41 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 37,5 %). При применении возрастающих доз калийного минерального удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания фосфора в воздушно-сухой массе от 0,24 до 0,45 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз калийного минерального удобрения на изменение этого показателя было незначительным при возделывании люпина желтого и проса посевного, коэффициент вариации был равен соответственно 4,7 и 3,8 %, действия калийных удобрений при

возделывании райграса однолетнего и суданской травы на изменчивость показателя была средней, а при возделывании овса посевного – значительной.

Таблица 4.8 – Влияние калийных удобрения на элементный состав воздушно-сухой массы кормовых культур, % (среднее за 2011-2013 гг.)

Показатель	Культура	Контроль	K ₁₈₀	K ₂₁₀	V, %
Азот	Люпин желтый	2,02	2,06	2,13	2,7
	Овес посевной	0,91	0,99	1,11	10,0
	Райграс однолетний	0,96	0,97	1,02	3,3
	Суданская трава	0,85	0,89	0,94	5,0
	Просо посевное	0,97	1,03	1,07	4,9
V, %		43,2	41,3	39,4	–
Фосфор	Люпин желтый	0,41	0,43	0,45	4,7
	Овес посевной	0,17	0,23	0,26	20,8
	Райграс однолетний	0,18	0,22	0,24	14,3
	Суданская трава	0,28	0,31	0,36	12,8
	Просо посевное	0,25	0,26	0,27	3,8
V, %		37,5	29,6	27,8	–
Калий	Люпин желтый	1,98	2,38	2,39	10,4
	Овес посевной	1,15	1,38	1,43	11,3
	Райграс однолетний	1,26	1,28	1,33	2,8
	Суданская трава	1,96	1,98	2,00	1,0
	Просо посевное	1,35	1,42	1,45	3,6
V, %		25,9	28,1	26,6	–
Кальций	Люпин желтый	0,80	0,84	0,85	3,2
	Овес посевной	0,34	0,46	0,48	17,7
	Райграс однолетний	0,39	0,45	0,46	8,7
	Суданская трава	0,60	0,62	0,63	2,5
	Просо посевное	0,45	0,47	0,48	3,3
V, %		36,1	29,4	28,6	–
Магний	Люпин желтый	0,40	0,38	0,35	6,7
	Овес посевной	0,16	0,15	0,14	6,7
	Райграс однолетний	0,17	0,15	0,14	10,0
	Суданская трава	0,30	0,28	0,25	9,1
	Просо посевное	0,17	0,15	0,14	10,0
V, %		44,4	47,2	46,3	–

Содержание калия в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях дерново-подзолистых песчаных почв колебалось от 1,15 до 1,98 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 25,9 %). При применении возрастающих доз калийного удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания калия в воздушно-сухой массе от 1,33 до 2,39 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз калийного минерального

удобрения на изменение этого показателя было средним при возделывании люпина желтого и овса посевного, коэффициент вариации был равен соответственно 10,4 и 11,3 %, а при возделывании райграсса однолетнего, суданской травы и просо посевного – незначительным.

Содержание кальция в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях дерново-подзолистых песчаных почв колебалось от 0,34 до 0,80 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 36,1 %). При применении возрастающих доз калийного удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к повышению содержания кальция в воздушно-сухой массе от 0,46 до 0,85 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз калийного минерального удобрения на изменение этого показателя было незначительным, за исключением возделывания овса посевного, где наблюдали среднюю изменчивость показателя (табл. 4.8).

Содержание магния в воздушно-сухой массе кормовых культур при возделывании в условиях дерново-подзолистых песчаных почв колебалось от 0,16 до 0,40 %, изменение показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 44,4 %). При применении возрастающих доз калийного удобрения по видам кормовых культур наблюдали тенденцию к снижению содержания магния в воздушно-сухой массе от 0,14 до 0,35 % в зависимости от вида культуры, при этом действие возрастающих доз калийного минерального удобрения на изменение этого показателя было незначительным, коэффициент вариации колебался от 6,7 до 10,0 % (табл. 4.8).

При возделывании кормовых культур в полевом агроценозе на дерново-подзолистых супесчаных почвах установили следующие изменения элементного состава воздушно-сухой массы: содержание азота колебалось от 1,46 до 2,28 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в бобовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 24,8 %); содержание фосфора колебалось от 0,27 до 0,30 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное

содержание наблюдали в бобовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 5,4 %); содержание калия колебалось от 1,59 до 1,70 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в мятликовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 4,4 %); содержание кальция колебалось от 0,62 до 1,38 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в бобовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было значительным (коэффициент вариации равен 49,2 %); содержание магния колебалось от 0,28 до 0,32 % в зависимости от кормовой культуры, максимальное содержание наблюдали в мятликовых посевах, изменения показателя в зависимости от вида культуры было незначительным (коэффициент вариации равен 7,0 %) (табл. 4.9).

Таблица 4.9 – Влияние фосфорно-калийных удобрений на элементный состав воздушно-сухой массы кормовых культур трав, % (среднее за 2013-2015 гг.)

Элемент	Культура	Контроль	P ₆₀ K ₆₀	P ₆₀ K ₇₅	P ₆₀ K ₉₀	P ₆₀ K ₁₀₅	V, %
Азот	Люцерна изменчивая	2,28	2,31	2,33	2,35	2,38	1,6
	Кострец безостый	1,46	1,49	1,52	1,55	1,58	3,1
	Тимофеевка луговая	1,59	1,61	1,65	1,69	1,73	3,5
V, %		24,8	24,6	23,7	22,9	22,4	—
Фосфор	Люцерна изменчивая	0,30	0,32	0,35	0,36	0,38	9,3
	Кострец безостый	0,27	0,32	0,34	0,36	0,37	11,9
	Тимофеевка луговая	0,28	0,32	0,33	0,36	0,39	12,4
V, %		5,4	0,0	2,9	0,0	2,6	—
Калий	Люцерна изменчивая	1,70	1,82	1,88	1,92	1,98	5,7
	Кострец безостый	1,59	1,86	1,90	2,10	2,20	12,2
	Тимофеевка луговая	1,73	1,82	1,86	1,96	2,14	8,2
V, %		4,4	1,3	1,1	4,7	5,4	—
Кальций	Люцерна изменчивая	1,38	1,42	1,46	1,58	1,64	7,3
	Кострец безостый	0,62	0,66	0,72	0,76	0,79	9,9
	Тимофеевка луговая	0,64	0,66	0,70	0,72	0,78	7,8
V, %		49,2	48,0	45,1	47,6	46,1	—
Магний	Люцерна изменчивая	0,28	0,27	0,25	0,25	0,24	6,4
	Кострец безостый	0,29	0,27	0,25	0,24	0,24	8,4
	Тимофеевка луговая	0,32	0,30	0,28	0,26	0,25	10,2
V, %		7,0	6,2	6,7	4,0	2,4	—

В полевом агроценозе, при применении возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении при возделывании кормовых культур на дерново-подзолистых супесчаных почвах, установили следующие изменения элементного состава воздушно-сухой массы: наблюдали тенденцию к повышению содержания азота от 1,58 до 2,38 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации колебался от 1,6 до 3,5 %); наблюдали тенденцию к повышению содержания фосфора от 0,37 до 0,39 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации 9,3 %) при возделывании люцерны изменчивой и средним при возделывании мятликовых трав.

Наблюдали тенденцию к повышению содержания калия от 1,98 до 2,20 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации соответственно 5,7 и 8,2 %) при возделывании люцерны изменчивой и тимopheевки луговой и средним при возделывании костреца безостого; наблюдали тенденцию к повышению содержания кальция от 0,78 до 1,64 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации колебался от 7,3 до 9,9 %); наблюдали тенденцию к снижению содержания магния от 0,24 до 0,25 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры, изменения показателя в зависимости от применения возрастающих доз калийного в фосфорно-калийном удобрении было незначительным (коэффициент вариации соответственно 5,7 и 8,2 %) при возделывании люцерны изменчивой и костреца безостого и средним при возделывании тимopheевки луговой (табл. 4.9).

4.3. Роль минеральных удобрений в биологическом выносе элементов питания из почвы посевами кормовых культур

В последней четверти двадцатого века научными трудами почвоведов и агрохимиков нашей страны были выработаны и даны определения понятиям «биовынос» и «вынос» из почвы. Если вынос это количество поступающих из почвы питательных веществ в растение, то биологический вынос это количество питательных веществ, поступающее из почвы в растение в течении вегетативного периода. Под биовыносом понимается общая потребность сельскохозяйственных культур в элементах минерального питания. Включает в себя содержание питательных веществ, как в продукции растениеводства (хозяйственный вынос), так и в корневых и пожнивных остатках и листовом опаде (Минеев, 2017). В наших исследованиях изучали хозяйственный вынос.

В настоящее время продукция растениеводства, предназначенная для животноводства, проходит контроль не только на уровень активности радионуклидов и содержания нитратов, но и на следующие показатели качества корма: отношение содержания в корме элементов питания. Установлены зоотехнические нормы содержания элементов питания, оптимальные значения их соотношения (Нормы и рационы..., 2003).

При разработке систем удобрения для планируемого севооборота учитывается не только содержание элементов питания в почве, но и потребность в них культур. Изучены потребности большинства сельскохозяйственных культур в азоте, макро- и микроэлементах. При этом недостаточно изученными остаются механизмы, регулирующие биологический вынос элементов питания в зависимости от видовых различий культур, почвенно-климатических ресурсов территории, действия минерального удобрения на доступность почвенной влаги к корневой системе растений и элементов питания.

Во второй половине прошлого века были разработаны математические модели процесса переноса элементов питания из почвы к корневой системе растений. Эти модели учитывали диффузию, конвекцию, контактный обмен ионов

между корневой системой и почвой (Бихеле и др., 1970; Barber, 1962; Jenny, 1966; Barber, Elgawhary, 1974). В модели биовыноса ионов из почвы, разработанной позднее, кроме диффузии и конвекции был учтен миграционный поток ионов, обусловленный напряжённостью электростатических полей вокруг заряженных поверхностей корневой системы и почвы (Пакшина, Петухов, 1976).

Таблица 4.10 – Условия протекания процесса биовыноса элементов питания из почвы посевами мятликовых трав (среднее за 2009-2011 гг.)

Вариант	ΣE_t , мм	$\Sigma E_t / \Sigma E_o$	Pe
Ежа сборная			
Контроль	87	0,51	0,86
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	342	2,00	0,46
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	353	2,06	0,44
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	363	2,12	0,42
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	371	2,17	0,41
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	383	2,24	0,39
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	400	2,34	0,36
Овсяница луговая			
Контроль	89	0,52	0,85
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	359	2,10	0,39
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	353	2,06	0,41
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	388	2,27	0,34
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	390	2,28	0,34
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	396	2,32	0,33
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	409	2,39	0,31
Двукосточник тростниковый			
Контроль	92	0,54	0,84
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	372	2,17	0,43
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	379	2,22	0,42
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	393	2,30	0,40
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	387	2,26	0,30
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	405	2,37	0,37
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	425	2,48	0,36

Примечание: ΣE_t – транспирация за период вегетации, мм; $\Sigma E_t / \Sigma E_o$ – относительная транспирация; Pe – число Пекле.

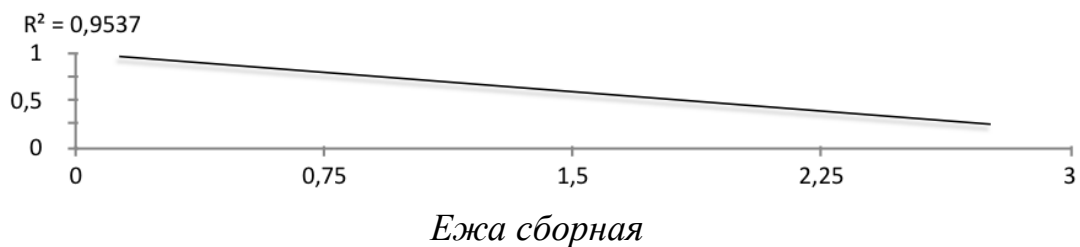
Период вегетации 2010 года по сравнению с 2009 и 2011 годами отличался повышенным радиационным балансом. В период от возобновления вегетации до укоса не наблюдали дефицита влаги в почве, из-за близости грунтовых вод после периода затопления поймы.

При повышении доз минерального удобрения закономерно увеличивается урожайность посевов многолетних мятликовых трав, а также транспирация, доступность почвенной влаги к корневой системе растения и число Re , которое характеризует отношение между диффузионным и конвективным потоком раствора в общем потоке (табл. 4.10).

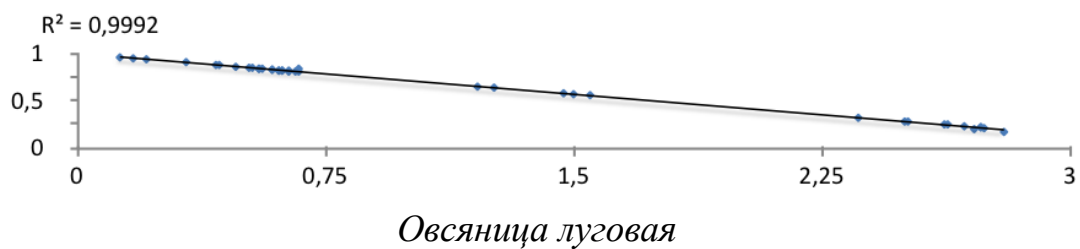
На рисунке 4.1 представлена зависимость значений Re от относительной транспирации посевов трав ($\sum_b E_T / \sum_b E_o$).

Re

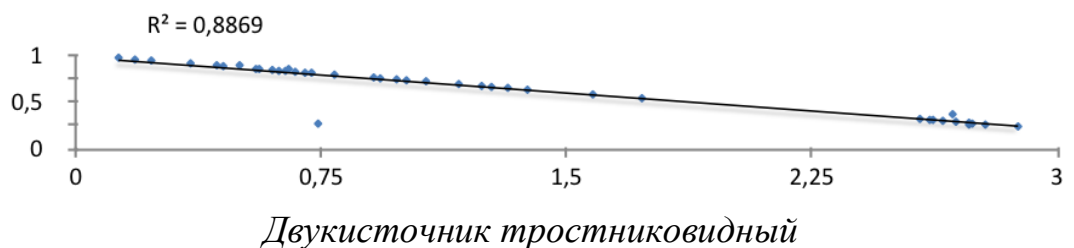
$$y = -0,272x + 1$$



$$y = -0,289x + 1,0019$$



$$y = -0,2542x + 0,9756$$



$$\sum_b E_T / \sum_b E_o$$

Рисунок 4.1 – Корреляционная связь между числом Re потоков почвенной влаги и относительной транспирацией посевов мятликовых трав

Как было установлено в работах (Дубенок, Сухарев, 2010; Сухарев, Елизарова, 2015), относительная транспирация в период вегетации служит количественным показателем доступности почвенной влаги к корневой системе растений.

Из рисунка 4.1 следует, что чем выше значение $\sum_b E_T / \sum_b E_o$, тем меньше число Pe или больше доля конвективного потока в общем потоке раствора и выше доступность влаги растениям.

От возобновления вегетации до укоса при применении разных доз минерального удобрения на всех вариантах разнотравных мятликовых трав, за исключением контрольного варианта, преобладали конвективные потоки влаги. В посевах овсяницы луговой числа Pe были ниже, чем на других видах мятликовых трав при равном значении $\sum_b E_T / \sum_b E_o$. Линейная зависимость числа Pe от относительной транспирации позволяет сделать вывод о зависимости биовыноса элементов питания разными культурами, для выяснения причин данного явления было рассчитано значение $(\sigma_k - \sigma_n)$. По данным работ (Власенко М.В., Трубакова, 2019; Drake et al., 1951; Drake, 1964) емкость катионного обмена ежи сборной, овсяницы луговой и двукисточника тростниковидного составили соответственно 25,6; 30,4; 30,8 мэкв / 100 г воздушно-сухих корней. Удельная поверхность корневых систем составила соответственно 7,47; 8,24; 10,8 м²/г.

Емкость поглощения и удельная поверхность аллювиальной луговой почвы составили 14,90 мэкв / 100 г и 14,96 м²/г. Отсюда, значение $(\sigma_k - \sigma_n)$ исследуемых видов мятликовых трав составило соответственно 1,41; 1,67; 1,38 Кл/м². Значит, вокруг корневой системы овсяницы луговой формируется более мощное электростатическое поле, вызывающее большую доступность почвенной влаги и пониженное число Pe в сравнении с другими видами.

Напряженность электростатических полей вокруг поверхности корневых систем зависит от их поверхностной плотности заряда и концентрации почвенного раствора. Электростатическое поле вокруг корней растений впервые было обнаружено в работе (Алешин, Ястребов, 1950).

Известно, что увеличение концентрации почвенного раствора приводит к сжатию диффузного слоя ДЭС, в котором преобладают одновалентные катионы, тогда как в адсорбционном слое – двухвалентные.

Биовынос из почвы одновалентных ионов NH_4^+ и K^+ , которые формиру-

ют диффузный слой ДЭС, с транспирирующей водой в первый укос, при значении Re , равном 0,3-0,4, больше, чем во второй укос, при значении Re , равном 0,8 (табл. 4.11).

Таблица 4.11 – Биовынос элементов питания из почвы посевами трав с транспирирующей водой (среднее значения по вариантам с внесением NPK)

Культура	Сп, г/1 т воды				
	N	P	K	Ca	Mg
Ежа сборная	49,0	7,3	52,0	13,9	5,5
Овсяница луговая	48,9	7,6	53,1	12,5	4,9
Двукосточник тростниковый	49,2	8,0	53,7	12,5	5,3

Биовынос двухвалентных катионов Ca^{2+} и Mg^{2+} с транспирирующей посевами трав водой, которые формируют адсорбционный слой ДЭС, больше во второй укос, чем в первый. По величине биовыноса при транспирации посевов трав в первый и второй укосы элементы питания расположились в следующей последовательности: $K > N > Ca > P > Mg$.

Содержание элементов питания N, P, K, Ca в воздушно-сухой массе трав увеличивается по сравнению с контролем при повышении доз NPK. Содержание Mg в воздушно-сухой массе трав, наоборот, уменьшается по сравнению с контролем.

Минимальное поглощение Mg корневой системой трав наблюдали при применении минерального удобрения с отношением в нём, калия к азоту, равном 1,5 и 1,7, а максимальное при отношении калия к азоту, равном 1,0; 1,2; 1,3. Отсюда следует, что недостаток калия для синтеза азотсодержащих органических веществ корневая система пополняет ионами Mg, участвуя в синтезе безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ).

Из рисунка 4.2 следует, что имеет место прямопропорциональные зависимости между содержанием БЭВ и Mg в воздушно-сухой массе трав. Эти зависимости указывают на особую роль Mg в экстремальных условиях роста и развития растения, при невозможности осуществить синтез азотсодержащих веществ, за-

меня его синтезом БЭВ. Корневая система растения функционирует не только как сорбент, но и как биологическая система. Линейная зависимость между магнием и содержанием БЭВ, даёт возможность предположить, что Mg участвует в синтезе БЭВ.

На рисунке 4.2 представлена зависимость содержания БЭВ в воздушно-сухой массе трав в первый и второй укосы от биовыноса Mg корневой системой растения.

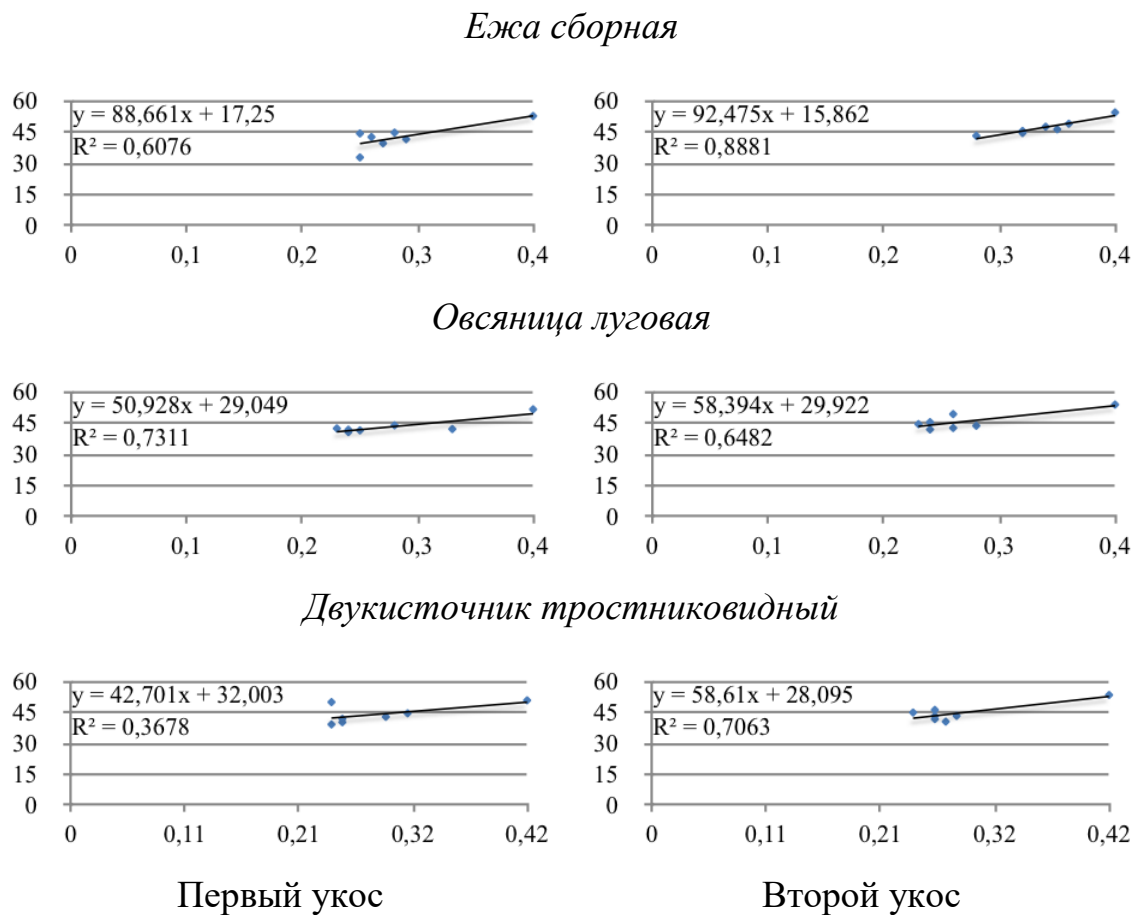


Рисунок – 4.2 Зависимость содержания безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в воздушно-сухой массе от биовыноса Mg из почвы корневой системой мятликовых трав

Для сравнения рассчитанных значений содержания элементов питания в воздушно-сухой массе трав с экспериментальными, представленными в таблице 4, были рассчитаны параметры биовыноса (λ_6). В таблице 4.12 представлены значения λ_6 пяти элементов разных видов мятликовых трав. Параметр биовыноса характеризует темп выноса из почвы элемента питания растением в определенных почвенно-климатических условиях.

Таблица 4.12 – Рассчитанные значения параметров биовыноса элементов питания (N, P, K, Ca, Mg) из почвы

Культура	λ , 1/м				
	N	P	K	Ca	Mg
Ежа сборная	1,0	1,3	2,5	1,5	– 0,55
Овсяница луговая	2,2	1,2	2,6	1,5	– 0,33
Двукосточник тростниковый	1,8	1,0	2,8	1,6	– 0,23

Из таблицы 4.12 следует, что овсяница луговая отличается от других исследуемых видов мятликовых трав более высоким темпом выноса азота в первый и второй укосы, а также Ca во второй укос.

В таблице 4.13 представлены экспериментальные (числитель) и рассчитанные (знаменатель) значения содержания элементов питания в воздушно-сухой массе трав.

Таблица 4.13 – Экспериментальные (числитель) и рассчитанные по формуле (знаменатель) значения содержания элементов питания в воздушно-сухой массе трав (средние на вариантах с внесением NPK)

Культура	C _i , %				
	N	P	K	Ca	Mg
Ежа сборная	<u>2,40</u>	<u>0,36</u>	<u>2,55</u>	<u>0,68</u>	<u>0,27</u>
	2,21	0,39	4,00	0,88	0,33
Овсяница луговая	<u>2,38</u>	<u>0,36</u>	<u>2,59</u>	<u>0,61</u>	<u>0,24</u>
	3,54	0,44	4,30	0,90	0,35
Двукосточник тростниковый	<u>2,40</u>	<u>0,39</u>	<u>2,62</u>	<u>0,61</u>	<u>0,26</u>
	3,50	0,38	4,80	0,96	0,39

Как следует из таблицы 4.13, рассчитанные значения сопоставимы с экспериментальными значениями содержания элементов питания в воздушно-сухой массе трав. Относительная ошибка рассчитанных значений C_i составляет 15-20%.

В таблице 4.14 представлены средние экспериментальные на вариантах с применением минерального удобрения и рассчитанные показатели качества кор-

ма: Ca/Mg, Ca/P, K/(Ca+Mg), которые имеют близкие значения.

Таблица 4.14 – Экспериментальные (числитель) и рассчитанные значения показателей корма (знаменатель)

Культура	Ca/Mg	Ca/P	K/(Ca+Mg)
Ежа сборная	$\frac{2,77}{2,67}$	$\frac{1,72}{2,26}$	$\frac{2,85}{3,30}$
Овсяница луговая	$\frac{2,33}{2,57}$	$\frac{1,63}{2,25}$	$\frac{2,85}{3,44}$
Двукосточник тростниковый	$\frac{2,32}{2,46}$	$\frac{1,72}{1,00}$	$\frac{3,00}{3,58}$

Повышенные значения показателей качества кормов Ca/Mg, K/(Ca+Mg) в сравнении с контролем объясняются низким темпом биовыноса Mg в сравнении с контролем.

Таким образом, минеральные удобрения при растворении в почвенной влаге вызывают сжатие диффузного слоя ДЭС, формирующихся на стенках капилляров почвы и поверхности корней растений, увеличение напряженности электростатических полей и потоков влаги к корневой системе растения, доступности влаги и уменьшению числа Ре. При значениях числа Ре, равных 0,3-0,4, в большом количестве выносятся из почвы азот и калий, находящиеся в основном в диффузных слоях ДЭС, тогда как при значениях числа Ре, равных 0,8-0,9, элементы питания Ca^{2+} , Mg^{2+} , которые находятся в слое адсорбции. Видовые различия биовыноса элементов питания заключается в разности между поверхностной плотностью зарядов на поверхности корней и почвенных капилляров. Биовынос элементов питания описывается зависимостью, устанавливающей связь между содержанием элемента питания в воздушно-сухой массе растения, транспирацией посевов в течение вегетации и параметром биовыноса.

Период вегетации культур в 2013 году характеризовался повышенными значениями радиационного баланса, фотосинтетически активной радиации, испаряемости и дефицита атмосферной влаги. В 2013 году культуры выращивались в экстремальных по водообеспеченности условиях ($\text{КУ} = 0,34$). В период вегетации культур в 2012 году культуры испытывали недостаток почвенной

влаги ($KY \approx 0,5$).

В таблице 4.16 приведены показатели, характеризующие протекание процесса биовыноса элементов питания из почвы.

Таблица 4.16 – Характеристика процесса биовыноса элементов питания из почвы посевами кормовых культур

Культура	Контроль			K_{180}			K_{210}		
	$\Sigma_B E_T$	$\frac{\Sigma_B E_T}{\Sigma_B E_0}$	Pe	$\Sigma_B E_T$	$\frac{\Sigma_B E_T}{\Sigma_B E_0}$	Pe	$\Sigma_B E_T$	$\frac{\Sigma_B E_T}{\Sigma_B E_0}$	Pe
Люпин жёлтый	213	0,82	0,77	222	0,86	0,76	242	0,93	0,74
Овёс посевной	97	0,37	0,88	108	0,42	0,88	128	0,49	0,85
Райграс однолетний	62	0,24	0,91	84	0,32	0,89	102	0,39	0,88
Суданская трава	179	0,69	0,80	194	0,75	0,78	216	0,83	0,76
Просо посевное	105	0,40	0,87	153	0,59	0,82	170	0,66	0,81

Примечание: $\Sigma_B E_T$ – транспирация за период вегетации, мм; $\Sigma_B E_T / \Sigma_B E_0$ – относительная транспирация; Pe – число Пекле.

Относительная транспирация, а также показатель влагообеспеченности (отношение суммы транспирации и физического испарения воды из почвы к испаряемости) являются количественными показателями доступности почвенной влаги к корневой системе растений (Мушкин, Гафуров, 1973; Побережский, 1977). В работе (Побережский, 1977) было установлено, что в интервалах влажности легкосуглинистых серозёмов, равных (1-0,65) ППВ, (0,65-0,5) ППВ, (0,5-0,4) ППВ доступность почвенной влаги составляет соответственно 1,0-0,7; 0,7-0,35; 0,35- 0,20. Этим интервалам доступности влаги соответствуют почвенно-гидрологические константы: ППВ, ВРК, ВЗ.

Одновременно, проведённые исследования запасов влаги в однометровом слое серой лесной легкосуглинистой почвы в конце вегетации и относительной транспирации разных видов злаковых культур позволили установить, что почвенно-гидрологическим константам ППВ, ВРК, ВЗ соответствуют следующие значения $\Sigma_B E_T / \Sigma_B E_0$: 0,85-0,7; 0,67-0,42; 0,42-0,31. Они сопоставимы со значениями доступности почвенной влаги корневой системе растений, полученными в работе (Мушкин, Гафуров, 1973).

Из таблицы 4.16 следует, что для пяти видов культур имеет место линейная зависимость урожайности от доступности почвенной влаги к корневой системе растений. Максимальный урожай фитомассы кормовых культур был получен на

посевах люпина жёлтого, минимальный – на посевах райграса однолетнего.

Посевы люпина жёлтого в течение вегетации имели оптимальную доступность почвенной влаги на трёх вариантах опыта. Посевы суданской травы развивались при оптимальной влажности лишь на вариантах с внесением хлористого калия. Посевы овса и просо посевного развивались в условиях недостатка влаги, доступность почвенной влаги соответствовала ВРК или влажности замедления роста растений, при которой проводят полив. Посевы райграса однолетнего развивались в экстремальных условиях, при большом недостатке влаги, соответствующем влажности завядания. Природной средой обитания райграса являются влажные почвы и возделывание его на почве с низкой влагоемкостью и недостатком влаги в период вегетации оказало существенное влияние на его урожайность. Виды культур, относимые к двум семействам, возделываемые на одной почве, имели разную обеспеченность доступной почвенной влагой. Доступность почвенной влаги к корневой системе растений увеличивается по сравнению с контролем при внесении калийного удобрения и повышении его дозы (табл. 4.16).

Для раскрытия механизмов возникновения этих двух явлений были рассмотрены электростатические поля пяти видов кормовых трав.

В таблице 4.17 приведены рассчитанные значения ($\sigma_k - \sigma_n$), и E пяти видов трав.

Таблица 4.17 – Физико-химическая характеристика корневой системы кормовых культур и почвы

Культура или почва	ЕКО	S	σ_k, σ_n	$\sigma_k - \sigma_n$	E, 1/м
Люпин жёлтый	47,7	33,3	1,37	0,54	-3,32
Овёс посевной	22,8	14,4	1,58	0,74	-4,54
Райграс однолетний	22,5	11,6	1,86	1,03	-6,32
Суданская трава	13,5	9,3	1,39	0,56	-3,44
Просо посевное	12,2	7,3	1,60	0,77	-4,73
Дерново-подзолистая песчаная	8,9	10,3	0,83		

Примечание: ЕКО – емкость катионного обмена, мг-экв. на 100 г воздушно-сухого вещества, S – удельная поверхность, м²/г σ_k, σ_n – плотность отрицательных зарядов на поверхности корней и почвы, E – напряженность электростатического поля, которая равна безразмерному потенциалу, деленному на толщину ДЭС.

Потенциал электростатических полей корневой системы растений и почвенных частиц создают отрицательные заряды, поэтому величина E имеет знак

минус. Вектор напряженности электростатических полей (m) направлен к отрицательно заряженной поверхности корневой системы растений и вызывает поток к ней почвенного раствора.

Люпин жёлтый имеет стержневую корневую систему, более глубоко проникающую в почво-грунта, чем мочковатая, присущая большинству злаковых культур. Вектор напряженности электростатического поля корневой системы люпина жёлтого самый большой по сравнению со злаковыми культурами. Природная среда обитания с низкой влажностью почвы сформировала у растений рода Люпин мощное электростатическое поле.

Засушливые условия обитания суданской травы сформировали электростатическое поле корневой системы лишь немного уступающее по вектору напряженности люпину жёлтому.

Среда обитания с оптимальной и избыточной влажностью почвы сформировала слабое электростатическое поле корневой системы растений рода Райграс.

Наибольшее значение напряженности электростатического поля имеют люпин жёлтый и суданская трава, самое низкое – райграс однолетний, овёс и просо имеют приблизительно равные значения E . По величине доступности почвенной влаги и напряженности электростатических полей системы корень – почва виды культур образуют следующую убывающую последовательность: люпин жёлтый > суданская трава > просо посевное > овёс посевной > райграс однолетний (табл. 4.17).

Отсюда следует, что основной причиной разной доступности почвенной влаги корневой системы растений в течение вегетации является разность плотностей отрицательных зарядов корневой системы и почвы. От доступности почвенной влаги корневой системы растений зависит число Pe , которое влияет на потоки анионов и катионов солей.

Люпин жёлтый отличается от мятликовых культур более высоким содержанием в фитомассе макроэлементов (P, K, Ca, Mg) и почти в 2 раза более высоким содержанием N, являющегося органогенным элементом. Небольшие различия в содержании элементов на вариантах объясняются высоким содержанием их в

почве на контроле.

Внесение в почву калийного удобрения повысило содержание в фитомассе трав всех элементов питания, за исключением Mg.

В таблице 4.18 приведены данные биовыноса элементов питания из почвы кормовыми культурами с транспирирующей водой за период вегетации.

Таблица 4.18 – Биовынос элементов питания кормовыми культурами с транспирирующей водой за период вегетации, кг/га

Культура	Контроль					K ₁₈₀					K ₂₁₀				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Люпин желтый	120	8,9	107	30	10	129	11	118	34	10	144	12	130	36	10
Овес посевной	26	2,9	33	9,9	2,9	30	3,2	37	11	3,2	36	3,8	44	13	3,6
Райграс однолетний	11,3	1,8	21	5,8	1,8	16,2	2,4	28	7,9	2,3	21	3,0	34,5	9,6	2,7
Суданская трава	38,3	5,0	54	16,8	4,6	44,4	5,4	61	18,2	5,0	51,4	6,0	68,7	19,2	5,2
Просо посевное	31,7	4,1	42,4	12,5	3,8	45,4	5,6	52,4	17,2	4,8	47,2	5,3	61,1	16,4	4,4

На контрольном и вариантах с внесением калийного удобрения по величине доступности N, P, K, Ca, Mg и напряженности электростатическими полей системы корень – почва для всех видов культур соблюдается последовательность: люпин жёлтый > суданская трава > просо посевное > овёс посевной > райграс однолетний. На вариантах с внесением калийного удобрения наблюдается увеличение биовыноса не только калия, но и N, P, Ca, Mg. Хлористый калий, растворяясь в почвенной влаге, вызывает сжатие ДЭС поверхностей корней и почвы, повышает напряженность электростатических полей и поток почвенного раствора к корневой системе растений. Повышается не только доступность влаги к корневой системе, но и элементов питания (табл. 4.18).

При определенной доступности влаги, присущей каждому виду (табл. 4.16), доступность элементов N, P, K, Ca, Mg различна. Как следует из таблицы 4.16, каждому значению доступности влаги к корневой системе растений соответствует определенное число Pe , которое определяет соотношение диффузии и конвекции в общем потоке почвенного раствора.

В переносе элементов питания N и K из почвы к корневой системе растений участвуют одновалентные ионы: NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , K^+ , которые сосредоточены в объемной жидкости, за пределом ДЭС. Двухвалентные катионы Ca^{2+} и

Mg^{2+} сосредоточены, в основном, в адсорбционном слое ДЭС. По адсорбционной способности Mg^{2+} превосходит Ca^{2+} . Элемент питания Р передвигается в почве в виде ионов PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, при этом ионы PO_4^{3-} и HPO_4^{2-} обладают самой высокой задерживающей способностью в микропорах почвы (Железная, 2006; Пакшина, Колыхалина, 2014).

На рисунке 4.3 представлены зависимости биовыноса элементов питания из почвы от числа Пекле.

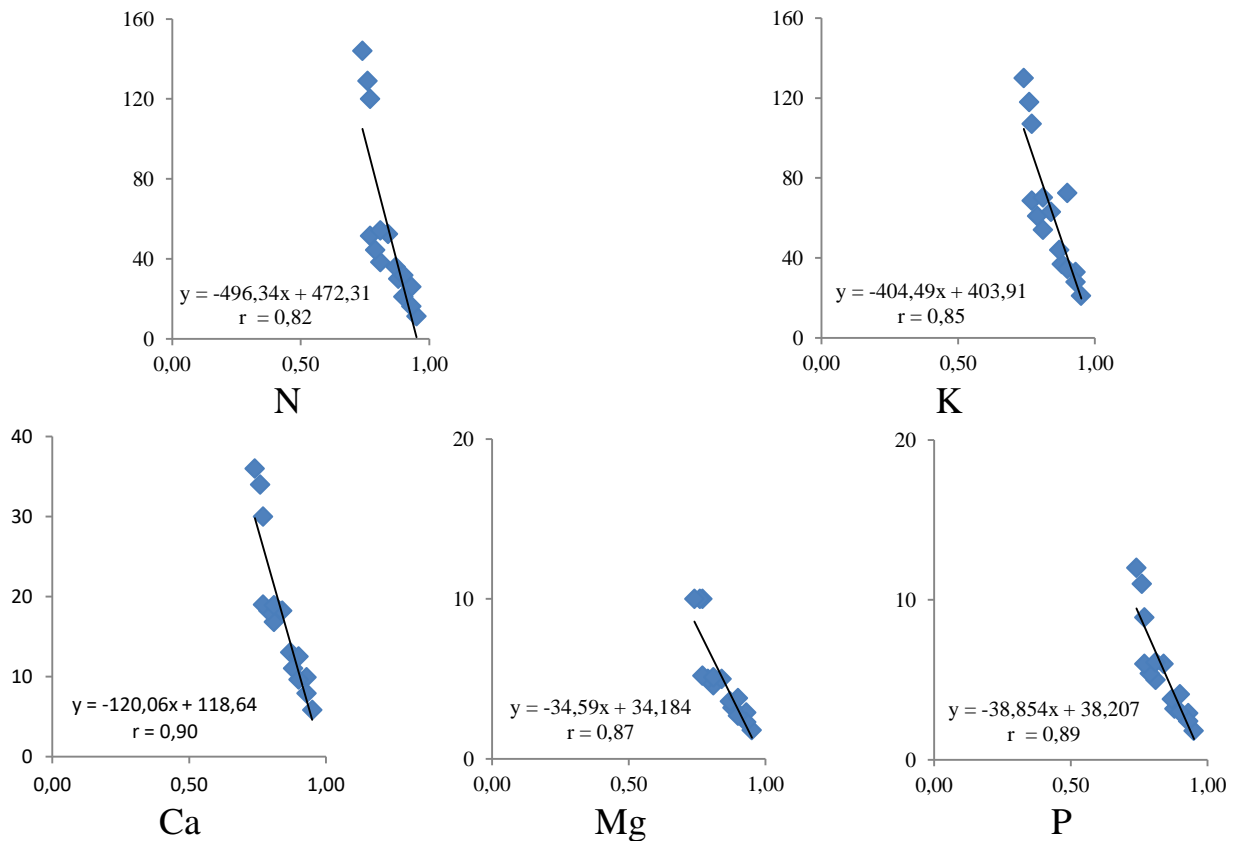


Рисунок 4.3 – Зависимости биовыноса элементов питания из почвы с транспирирующей водой в течение вегетации (кг/га) от числа Пекле

Как следует из уравнений корреляции, уменьшение числа Pe на 0,1 вызывает увеличение биовыноса N, K, Ca, Mg, P соответственно на 5,00; 4,00; 1,20; 0,35; 0,40 кг/га. Эти данные свидетельствуют, что при увеличении конвенции в общем потоке на 0,1 Pe в наибольшем количестве выносятся из почвы N и K, в наименьшем – Mg и P.

Для подтверждения этого явления были рассчитаны темпы выноса из почвы элементов питания (λ_6) по сравнению с контролем. Значения темпов выноса элементов питания фитомассой трав на вариантах с внесением калийного удобрения

по сравнению с контролем представлены в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Рассчитанные значения темпов биологического выноса элементов питания на вариантах с внесением калийного удобрения по сравнению с контролем

Культура	K ₁₆₀					K ₂₁₀				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Люпин жёлтый	0,32	0,21	0,45	0,59	0	0,75	1,24	0,80	0,75	0
Овёс посевной	1,29	0,88	1,05	0,97	0,9	2,52	2,11	2,25	2,13	1,68
Райграс однолетний	4,25	0,92	3,42	3,66	2,94	6,01	5,03	4,85	4,94	3,97
Суданская трава	0,76	0,40	0,63	0,41	0,44	1,35	0,84	1,11	0,61	0,56
Просо посевное	2,5	2,17	1,48	2,22	1,59	2,69	1,72	2,45	1,82	1,0

Все виды культур, возделываемые при разной доступности влаги к корневой системе растений, характеризуются разной величиной темпов биовыноса элементов питания по сравнению с контролем. Наибольшее значение λ_6 наблюдали для N, K и Ca, наименьшее – для P и Mg. Увеличение дозы калийного удобрения повышает темпы биовыноса всех элементов, но не изменяет их последовательность (табл. 4.19).

Темпы биовыноса Mg определяются не только его высокой адсорбционной способностью, но и соотношением величин K и N. При $K / N < 1$ наблюдается увеличение темпа биовыноса Mg. При $K / N < 1$ имеет место недостаток K для синтеза азотсодержащих веществ, увеличивается темп биовыноса Mg и содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в фитомассе трав. Таким образом, доставка элементов питания определяется не только физико-химическими свойствами ионов и числом Ре, но и потребностью растения.

Анализ полученных экспериментально-полевых данных при возделывании разных видов кормовых культур на дерново-подзолистой песчаной почвы позволил выявить следующие особенности процесса биовыноса элементов питания корневой системой растения: 1) корневая система каждого вида культуры формирует на своей поверхности электростатическое поле определенной напряженности, вектор которой направлен к отрицательно заряженной поверхности корней и вызывает поток почвенного раствора, увеличивая доступность влаги и элементов питания растениям; 2) установлена линейная прямопропорциональная зависи-

мость между напряжённостью электростатического поля, доступностью почвенной влаги и урожайностью культур. По величине напряженности электростатического поля, доступности влаги и урожайности виды культур располагаются в следующей последовательности: люпин жёлтый > суданская трава > просо посевное > овёс посевной > райграс однолетний. Эта последовательность соблюдается для биовыноса фитомассой трав N, P, K, Ca, Mg, которая зависит не только от напряженности электростатического поля корневой системы, доступности почвенной влаги, но и числа Pe ; 3) установлена линейная прямопропорциональная зависимость между биовыносом элементов питания и числом Pe . Из этого следует, что при увеличении конвекции в общем потоке почвенного раствора к корневой системе в наибольшем количестве переносятся N и K, в наименьшем – Mg и P; 4) обнаружено, что доступность элементов питания к корневой системе растений зависит от напряженности электростатического поля, доступности почвенной влаги, числа Pe , а также от физико-химических свойств ионов, с которыми передвигаются элементы питания. При недостатке K для синтеза белков, корни растений поглощают Mg для синтеза безазотистого экстрактивного вещества.

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И ТЕРРИТОРИИ ЮГО-ЗАПАДА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

5.1. Риск получения кормов не соответствующих нормативам по содержанию ^{137}Cs в условиях юго-запада Брянской области

Обеспечение радиационной безопасности территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению, способствует экономическому развитию региона, повышению его привлекательности. Эти факторы особенно важны в сложившихся условиях, когда в зонах радиоактивного загрязнения имеет место неблагоприятная демографическая ситуация (как в результате естественных причин, так и отрицательной миграции населения) и наличие негативных тенденций в экономике. В связи с этим проведение специальных защитных мероприятий остается крайне необходимой и эффективной мерой обеспечения населения чистыми продуктами питания (Санжарова, 2010; Алексахин, Лунёв, 2011; Белоус, 2013; Арышева и др., 2018; Санжарова и др., 2020; Панов и др., 2021; Кузнецов и др., 2018; 2020; 2021).

Крупномасштабное загрязнение сельскохозяйственных угодий потребовало серьезных усилий по организации агропромышленного производства и привело к необходимости разработки специализированной системы земледелия, обеспечивающей, с одной стороны, расширенное воспроизводство почв, повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и снижение уровня загрязнения радиоактивными веществами получаемой товарной продукции, с другой, – гарантирующей экологически безопасное функционирование сельскохозяйственного производства (Подольак и др., 2001; Фесенко и др., 2004; Подольак и др., 2005).

Снижение дозы внутреннего облучения населения, связанной с потреблением пищевых продуктов под действием защитных мероприятий, достигается суще-

ственно меньшими экономическими затратами, чем уменьшение доз внешнего облучения (Панов и др., 2001; Исамов и др., 2017; 2018; Панов, 2021).

В результате аварии на Чернобыльской АЭС значительная часть территории юго-запада России оказалась загрязненной радионуклидами, в том числе 491,4 тыс. га естественных сенокосов и пастбищ Брянской области (Белоус и др., 2011а; Князева и др., 2016; Кузнецов и др., 2019; Спиридонов и др., 2021).

Одной из важнейших задач, которую необходимо решить в ходе проведения работ по реабилитации сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами вследствие аварии на ЧАЭС, является разработка технологий коренного и поверхностного улучшения лугов и пастбищ, обеспечивающих производство экологически чистых кормов и на их основе нормативно чистой животноводческой продукции (мясо, молоко) (Белоус и др., 2011; Белоус и др., 2012; Смольский и др., 2015; Панов и др., 2017; Кречетников и др., 2018; Ратников и др., 2019; Князева и др., 2019; Чесалин и др., 2021а).

Трудности получения чистой животноводческой продукции на естественных кормовых угодьях обусловлены рядом причин. На лугах и пастбищах, где не проведено коренное улучшение, основная часть цезия-137 по-прежнему находится в дернине в верхнем горизонте почвенного профиля. Кроме того, в дернине сосредоточена основная корневая масса вегетирующих растений, что обуславливает повышенное поглощение радионуклидов травостоем (Белоус и др., 2012а; Санжарова и др., 2019; Анисимов и др., 2021; Спиридонов, Нуштаева, 2021).

Несмотря на существенное улучшение радиационной обстановки, до сих пор не удалось полностью решить проблему обеспечения безопасности населения, проживающего на территориях России загрязненных радиоактивными веществами. Наиболее критическими являются 6 юго-западных районов Брянской области. Формирование внутренней дозы облучения в первую очередь связано с потреблением некоторых продуктов питания, которые являются критическими в плане содержания радионуклидов. В этом отношении в юго-западной части Брянской области характерны исследования динамики уровня загрязнения ^{137}Cs ведущего дозообразующего радионуклида в молоке, представляющем основной кри-

тический пищевой продукт. Молоко может рассматриваться как показатель биогеохимический индикатор радиационной ситуации, так как методы сбора и анализа усредненных проб этого пищевого продукта позволяют охарактеризовать достаточно представительную по площади территорию (Панов и др., 2001; Фесенко и др., 2004; Титов и др., 2012; Панов, Переволоцкая, 2020).

Максимальные уровни внутреннего облучения характерны для населения, основу рациона которого составляют местные продукты питания это обнаружено при сравнительном анализе доз облучения населения, проживающего на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению после аварии на ЧАЭС.

Риск превышения допустимого уровня загрязнения продукции агропромышленного производства искусственными радионуклидами является основным критерием, определяющим проведения реабилитационных мероприятий в сельском производстве (Иванов и др., 2018; Фесенко, Спиридонов, 2020).

Анализ результатов возможного риска получения продукции кормопроизводства не соответствующей нормативам по содержанию ^{137}Cs в отдаленный период после аварии на ЧАЭС для районов юго-запада Брянской области в общественных хозяйствах выявил сильный разброс уровней загрязнения кормов ^{137}Cs . Критическими продуктами кормопроизводства явились зеленая масса трав и сено, по которым соответственно в зависимости от района возможный риск колебался от 25,2 до 50,9 и от 9,1 до 44,2 %. Максимально возможный риск 50,9 % получения продукции кормопроизводства (зеленая трава) превышающий допустимый уровень в хозяйствах юго-запада Брянской области характерен для Гордеевского района (табл. 5.1).

Такие корма, как концентраты и солома, не входят в группу риска получения продукции кормопроизводства не соответствующей нормативам по содержанию ^{137}Cs ни в одном из юго-западных районов Брянской области.

При производстве силоса возможный риск получения продукции кормопроизводства не соответствующей нормативам по содержанию ^{137}Cs около 5% наблюдали только в Новозыбковском районе, в остальных исследуемых районах он либо находился ниже 5 %, либо отсутствовал.

Таблица 5.1 – Возможный риск получения в общественных хозяйствах юго-запада Брянской области продукции кормопроизводства не соответствующих допустимым уровням загрязнения ^{137}Cs , % (среднее 2010-2014 года)

Район	Силос	Сенаж	Концентраты	Солома	Трава	Сено
Новозыбковский	5,7	13,5	0,0	0,1	31,2	16,6
Злынковский	0,0	2,8	0,0	0,0	25,2	19,8
Клинцовский	1,1	6,0	0,0	0,0	33,4	18,6
Гордеевский	0,0	40,4	0,0	0,0	50,9	44,2
Красногорский	0,0	5,3	0,0	0,0	29,6	9,1

Производство сенажа в Гордеевском районе может привести к возможному риску 40,4 % получения продукции кормопроизводства не соответствующей допустимому уровню загрязнения ^{137}Cs , в остальных исследуемых районах этот показатель не превышал 10%, за исключением Новозыбковского, где он был равен 13,5 %.

Анализ результатов возможного риска получения продукции кормопроизводства не соответствующей допустимому уровню загрязнения ^{137}Cs в отдаленный период после аварии на ЧАЭС для районов юго-запада Брянской области в личных хозяйствах выявил сильный разброс уровней загрязнения кормов ^{137}Cs . При производстве зеленой массы трав возможный риск получения продукции кормопроизводства не соответствующей допустимому уровню загрязнения ^{137}Cs колебался в зависимости от исследуемого района от 34,6 до 48,4 %. Максимально возможный риск 48,4 % получения зеленой массы трав, превышающий допустимый уровень в личных хозяйствах юго-запада Брянской области, характерен для Красногорского района.

При производстве сена возможный риск получения продукции кормопроизводства не соответствующей допустимому уровню загрязнения ^{137}Cs колебался в зависимости от исследуемого района от 10,8 до 56,8 %. Максимально возможный риск 56,8 % получения сена, превышающий допустимый уровень в личных хозяйствах юго-запада Брянской области, характерен для Гордеевского района (табл. 5.2).

Таблица 5.2 – Возможный риск получения в личных хозяйствах юго-запада Брянской области продукции кормопроизводства не соответствующей допустимому уровню загрязнения ^{137}Cs , % (среднее 2010-2014 года)

Район	Трава	Сено
Новозыбковский	34,6	10,8
Злынковский	36,2	30,1
Клинцовский	44,1	28,0
Гордеевский	48,2	56,8
Красногорский	48,4	37,9

Несмотря на прошедшие более 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС и проведения реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных естественных кормовых угодьях, в некоторых районах юго-западной части Брянской области ситуация при производстве кормов остается проблемной, это характерно особенно для личных подсобных хозяйств, где до 50 % получаемого корма из общего объема превышает допустимый уровень загрязнения ^{137}Cs . Представленные данные устанавливают потребность в проведении защитных мероприятий при ведении кормопроизводства в общественных и личных хозяйствах юго-западной части Брянской области.

5.2. Влияние минеральных удобрений на накопление ^{137}Cs кормовыми культурами

Природно-климатические условия юго-запада Брянской области в период исследований с 2003 по 2008 годы позволяют получать урожай с удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя в среднем 2758 и 3312 Бк/кг соответственно в период первого и второго укосов, что соответственно в 6,9 и 8,3 раза выше допустимого уровня содержания ^{137}Cs . Поверхностное улучшение заливного луга, по средствам применения гербицида раундап, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя с удельной активностью ^{137}Cs в среднем соответственно 2550 и 2617 Бк/кг первого и второго укосов, что соответственно в 6,4 и 6,5 раз выше до-

пустимого уровня содержания ^{137}Cs . Коренное улучшение заливного луга, по средствам применения вспашки обычным плугом, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя с удельной активностью ^{137}Cs в среднем соответственно 2522 и 2555 Бк/кг первого и второго укосов, что соответственно в 6,3 и 6,4 раз выше допустимого уровня содержания ^{137}Cs . (табл. 5.3, прил. 53-58).

Выявили, что мероприятия по улучшению заливных лугов изменяют показатель удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы трав и в зависимости от времени уборки урожая изменения носят различный характер, в период первого укоса изменения незначительны, а в период второго – средние.

Таблица 5.3 – Влияние минерального удобрения на удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы травостоя заливного луга в зависимости от мероприятий улучшения в период с 2003 по 2008 годы, Бк/кг

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой				V, %	
				поверхностное улучшение		коренное улучшение			
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос		
Контроль		2758	3312	2550	2617	2522	2555	4,9	14,9
P ₉₀ K ₆₀	K ₆₀	381	423	367	425	289	319	14,3	15,6
P ₁₂₀ K ₉₀	K ₉₀	113	145	110	130	89	107	12,6	15,0
*V _I , %		134	136	133	129	140	136	—	—
N ₆₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	1247	1548	1236	1246	996	1136	12,2	16,3
N ₆₀ P ₉₀ K ₉₀	N ₆₀ K ₉₀	303	365	301	329	307	319	1,0	7,2
N ₆₀ P ₉₀ K ₁₂₀	N ₆₀ K ₁₂₀	165	178	179	186	143	161	11,2	7,3
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₉₀	N ₉₀ K ₉₀	376	492	383	451	355	404	3,9	9,8
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₃₅	N ₉₀ K ₁₃₅	170	163	157	172	124	141	15,8	10,1
N ₉₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	N ₉₀ K ₁₈₀	71	90	67	74	58	65	10,2	16,6
V ₂ , %		135	135	130	127	138	132	—	—
V ₃ , %		141	142	137	132	146	140	—	—
HCP ₀₅		286	297	318	287	223	229	—	

* Примечание: V_1 – коэффициент вариации при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения; V_2 – коэффициент вариации при применении полного и азотно-калийного удобрения; V_3 – коэффициент вариации исследуемых систем удобрения.

Использование на естественном лугу возрастающих от $\text{P}_{90}\text{K}_{60}$ до $\text{P}_{120}\text{K}_{90}$ доз фосфорно-калийного под первый укос и от K_{60} до K_{90} калийного удобрения с под второй укос достоверно уменьшает удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой

массы первого и второго укосов соответственно в 24,4 и 22,8 раза в сравнении с контролем. Применение при поверхностном улучшении заливного луга возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ под первый укос и от K_{60} до K_{90} под второй укос позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 23,2 и 20,1 раза в сравнении с контролем. Применение при коренном улучшении заливного луга возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{90}K_{60}$ до $P_{120}K_{90}$ под первый укос и от K_{60} до K_{90} под второй укос позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 28,3 и 23,9 раза в сравнении с контролем. Полученные корма вне зависимости от времени уборки и мероприятий по улучшению отвечали нормативу (400 Бк/кг) по допустимому содержанию ^{137}Cs .

Установили, что изменчивость удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав и применения фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укосы была средней.

Выявили значительную изменчивость от 129 до 140 % удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укосы.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 2,2 и 2,1 раза в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях поверхностного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов в 2,1 раза в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. Применение полного минерального удобрения в дозе

$N_{60}P_{90}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы соответственно первого и второго укосов в 2,5 и 2,3 раза в сравнении с вариантом без применения минерального удобрения. При различном улучшении заливного луга действие данных доз на изменение удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы было средним. Полученные корма вне зависимости от времени уборки и мероприятий по улучшению не отвечали нормативу (400 Бк/кг) по допустимому содержанию ^{137}Cs .

В условиях естественного травостоя при увеличении калийного удобрения от K_{60} до K_{120} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и в дозе азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали достоверное снижение удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{60}P_{90}K_{60}$ и $N_{60}K_{60}$. Наблюдали аналогичную закономерность изменения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. Полученные корма вне зависимости от времени уборки урожая и мероприятий по улучшению отвечали нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs .

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного удобрения в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 7,3 и 6,7 раз в сравнении с контролем. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях поверхностного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 6,7 и 5,8 раз в сравнении с контролем. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{120}K_{90}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{90}K_{90}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздуш-

но-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 7,1 и 6,3 раза в сравнении с контролем. При различном улучшении заливного луга действие данных доз на изменение удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы было незначительным в период первого и второго укосов. Полученные корма вне зависимости от мероприятий по улучшению отвечали нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs только в период первого укоса.

В условиях естественного травостоя при увеличении доз калийного удобрения от K_{90} до K_{180} в полном минеральном удобрении под первый укос и азотно-калийном удобрении под второй укос наблюдали достоверное снижение удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в сравнении с $\text{N}_{90}\text{P}_{120}\text{K}_{90}$ и $\text{N}_{90}\text{K}_{90}$. Наблюдали аналогичную закономерность изменения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. Полученные корма вне зависимости от времени уборки урожая и мероприятий по улучшению отвечали нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs .

Выявили значительную изменчивость удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием полного минерального и азотно-калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укосы.

Нашими исследованиями установлено, что в период с 2003 по 2008 годы корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 60 до 120 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,83 до 0,89, то есть зависимость между признаками была сильной (табл. 5.4).

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 90 до 180 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по

улучшению кормового угодья в пределах от 0,77 до 0,86, то есть зависимость между признаками была сильной.

Таблица 5.4 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы травостоя в период с 2003 по 2008 год

Вид травостоя / дозы удобрения		Коэффициент корреляции (n=18)	
		1 укос	2 укос
<i>Дозы калийного удобрения от K_{60} до K_{120}</i>		<i>фон $N_{60}P_{90}$</i>	<i>фон N_{60}</i>
Естественный травостой		0,86	0,89
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,86	0,88
	коренное улучшение	0,83	0,84
<i>Дозы калийного удобрения от K_{90} до K_{180}</i>		<i>фон $N_{90}P_{120}$</i>	<i>фон N_{90}</i>
Естественный травостой		0,79	0,79
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,77	0,80
	коренное улучшение	0,85	0,86
<i>Дозы азотного удобрения от N_0 до N_{90}</i>		–	<i>фон K_{90}</i>
Естественный травостой		–	0,78
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	–	0,76
	коренное улучшение	–	0,85

Корреляционная зависимость между возрастающими от 0 до 90 кг д.в. дозами азотного удобрения по фону калийного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы второго укоса естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,76 до 0,85, то есть зависимость между признаками была сильной (табл. 5.4)

Отсюда следует, что при использовании систем удобрения в зоне радиоактивного загрязнения территории необходимо вести постоянный мониторинг накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массой кормовых культур, так как азотные удобрения, являясь основным фактором увеличения урожайности, также являются фактором увеличения накопления ^{137}Cs в кормах.

Природно-климатические условия юго-запада Брянской области в период исследований с 2009 по 2014 годы позволяют получать урожай с удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя в среднем 2320 и 2232 Бк/кг соответственно в период первого и второго укосов, что соответственно в 5,8 и 5,6 раза выше допустимого уровня содержания ^{137}Cs . Поверхностное улучшение заливного луга, по средствам применения гербицида раундап, и последующий по-

сев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя с удельной активностью ^{137}Cs в среднем соответственно 2374 и 2306 Бк/кг первого и второго укосов, что соответственно в 5,9 и 5,8 раз выше допустимого уровня содержания ^{137}Cs . Коренное улучшение заливного луга, по средствам применения вспашки обычным плугом, и последующий посев мятликовой травосмеси позволял получать урожай воздушно-сухой массы сеяного травостоя с удельной активностью ^{137}Cs в среднем соответственно 2337 и 2359 Бк/кг первого и второго укосов, что соответственно в 5,8 и 5,9 раза выше допустимого уровня содержания ^{137}Cs (табл. 5.5, прил. 59-64).

Таблица 5.5 – Влияние минерального удобрения на удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы травостоя заливного луга в зависимости от мероприятий улучшения в период с 2009 по 2014 годы, Бк/кг

Вариант		Естественный травостой		Сеяный травостой				V, %	
				поверхностное улучшение		коренное улучшение			
1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос		
Контроль		2320	2232	2374	2306	2337	2359	1,2	2,8
P ₆₀ K ₄₅	K ₄₅	457	454	357	358	457	393	13,6	12,1
P ₆₀ K ₆₀	K ₆₀	348	342	311	314	310	303	6,7	6,3
*V _l , %		106	105	116	115	109	114	—	—
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	N ₄₅ K ₄₅	1323	1294	1246	1180	1115	1040	8,6	10,9
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	N ₄₅ K ₆₀	788	784	681	631	554	555	17,4	17,8
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	N ₄₅ K ₇₅	436	363	400	417	351	346	10,8	9,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₆₀ K ₆₀	509	499	480	488	420	427	9,7	8,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	N ₆₀ K ₇₅	329	380	281	302	304	340	7,9	11,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	N ₆₀ K ₉₀	237	288	216	231	230	257	4,7	11,0
V ₂ , %		88	85	95	93	100	99	—	—
V ₃ , %		90	87	99	97	100	101	—	—
HCP ₀₅		109	133	187	188	175	191	—	

* Примечание: V₁ – коэффициент вариации при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения; V₂ – коэффициент вариации при применении полного и азотно-калийного удобрения; V₃ – коэффициент вариации исследуемых систем удобрения.

Выявили, что мероприятия по улучшению заливных лугов изменяют показатель удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы трав незначительно.

Применение на естественном лугу возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от P₆₀K₄₅ до P₆₀K₆₀ под первый укос и от K₄₅

до K_{60} под второй укос позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 6,7 и 6,5 раза в сравнении с контролем. Применение при поверхностном улучшении заливного луга возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ под первый укос и от K_{45} до K_{60} под второй укос позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 7,6 и 7,3 раза в сравнении с контролем. Применение при коренном улучшении заливного луга возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ под первый укос и от K_{45} до K_{60} под второй укос позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 7,5 и 7,8 раза в сравнении с контролем. Полученные корма вне зависимости от времени уборки и мероприятий по улучшению отвечали нормативу (400 Бк/кг) по допустимому содержанию ^{137}Cs .

Установили, что изменчивость удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием проведения поверхностного и коренного улучшения и посева многолетних трав и применения возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укосы была незначительной.

Выявили значительную изменчивость от 105 до 116 % удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укос.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{45}K_{45}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 1,8 и 1,7 раза в сравнении с контролем. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе в $N_{45}K_{45}$ под второй укос в условиях поверхностного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго

укосов соответственно в 1,9 и 2,0 раза в сравнении с контролем. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{45}K_{45}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы соответственно первого и второго укосов в 2,1 и 2,3 раза в сравнении с контролем. При различном улучшении заливного луга действие данных доз на изменение удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы было незначительным в период первого укоса и средним в период второго укоса. Полученные корма вне зависимости от времени уборки и мероприятий по улучшению не отвечали нормативу (400 Бк/кг) по допустимому содержанию ^{137}Cs .

В условиях естественного травостоя при увеличении калийного удобрения от K_{45} до K_{75} в дозе полного минерального удобрения под первый укос и в дозе азотно-калийного удобрения под второй укос наблюдали достоверное снижение удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{45}P_{60}K_{45}$ и $N_{45}K_{45}$. Наблюдали аналогичную закономерность изменения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. Полученные корма вне зависимости от времени уборки урожая отвечали нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs только при коренном улучшении заливного луга.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного удобрения в дозе $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях естественного травостоя заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,6 и 4,5 раза в сравнении с контролем. Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях поверхностного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 4,9 и 4,7 раза в сравнении с контролем. Приме-

нение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ под первый укос и азотно-калийного в дозе $N_{60}K_{60}$ под второй укос в условиях коренного улучшения заливных лугов позволяет достоверно снижать удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в 5,6 и 5,5 раза в сравнении с контролем. При различном улучшении заливного луга действие данных доз на изменение удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы было незначительным в период первого и второго укосов. Полученные корма вне зависимости от мероприятий по улучшению не отвечали нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs .

В условиях естественного травостоя при увеличении доз калийного удобрения от K_{60} до K_{90} в полном минеральном удобрении под первый укос и азотно-калийном удобрении под второй укос наблюдали достоверное снижение удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы первого и второго укосов соответственно в сравнении с $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{60}K_{60}$. Наблюдали аналогичную закономерность изменения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном под первый укос и азотно-калийном под второй укос при поверхностном и коренном улучшении заливного луга. Полученные корма вне зависимости от времени уборки урожая и мероприятий по улучшению отвечали нормативу по допустимому содержанию ^{137}Cs .

Выявили значительную изменчивость удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием полного минерального и азотно-калийного минерального удобрения соответственно под первый и второй укосы.

Нашими исследованиями установлено, что в период с 2009 по 2014 годы корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 45 до 75 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,80 до 0,97, то есть зависимость между признаками была сильной (табл. 5.6).

Корреляционная зависимость между возрастающими дозами от 60 до 90 кг д.в. калийного удобрения по фону азотно-фосфорного и азотного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,62 до 0,94, то есть зависимость между признаками была сильной или средней.

Таблица 5.6 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы травостоя в период с 2009 по 2014 годы

Вид травостоя / дозы удобрения		Коэффициент корреляции (n=18)	
		1 укос	2 укос
<i>Дозы калийного удобрения от K_{45} до K_{75}</i>		<i>фон $N_{45}P_{60}$</i>	<i>фон N_{45}</i>
Естественный травостой		0,97	0,96
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,84	0,80
	коренное улучшение	0,84	0,83
<i>Дозы калийного удобрения от K_{60} до K_{90}</i>		<i>фон $N_{60}P_{60}$</i>	<i>фон N_{60}</i>
Естественный травостой		0,94	0,85
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,68	0,78
	коренное улучшение	0,66	0,62
<i>Дозы азотного удобрения от N_0 до N_{60}</i>		<i>фон $K_{60}P_{60}$</i>	<i>фон K_{60}</i>
Естественный травостой		0,58	0,57
Сеяный травостой	поверхностное улучшение	0,45	0,51
	коренное улучшение	0,38	0,42

Корреляционная зависимость между возрастающими от 0 до 60 кг д.в. дозами азотного удобрения по фону калийного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя колебалась в зависимости мероприятий по улучшению кормового угодья в пределах от 0,38 до 0,58, то есть зависимость между признаками была средней (табл. 5.6)

Природно-климатические ресурсы и плотность загрязнения ^{137}Cs территории юго-запада Брянской области не позволяют получать нормативно «чистые» грубые корма в условиях пойменных лугов при возделывании одновидовых посевов кормовых культур, превышение допустимого содержания ^{137}Cs (400 Бк/кг) в зависимости от вида мятликовой травы варьировало от 5,8 до 7,3 раз. Установили среднюю ($10\% < V < 20\%$) изменчивость накопления ^{137}Cs в воздушно-сухой массе в зависимости от возделывания мятликовых трав. Возделывание кормовых

культур в полевых условиях на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава позволяет получать грубые корма с нормативным содержанием ^{137}Cs , исключение составило возделывание люпина желтого, в воздушно-сухой массе которого допустимый уровень содержания ^{137}Cs был превышен в 1,7 раза, также наблюдали более высокое содержание ^{137}Cs в люцерне изменчивой в сравнении с мятликовыми травами, превышение содержания ^{137}Cs до 1,7 раз. Выявили сильную ($V > 20\%$) изменчивость накопления ^{137}Cs в воздушно-сухой массе в зависимости от возделывания кормовых культур в полевом кормопроизводстве, при этом если рассматривать только мятликовые культуры то изменчивость средняя.

По результатам исследований установили, что в условиях полевого кормопроизводства на радиоактивно загрязнённых территориях при возделывании бобовых культур должен быть постоянный мониторинг содержания радионуклидов (табл. 5.7).

Таблица 5.7 – Влияние почвы и биологических особенностей растения на накопление ^{137}Cs воздушно-сухой массой кормовых культур, Бк/кг

Почва	Культура	Удельная активность ^{137}Cs
<i>Среднее 2009-2011 годы</i>		
Пойменная дерновая оглееная	Ежа сборная	2936
	Овсяница луговая	2851
	Двукосточник тростниковый	2333
	<i>Коэффициент вариации, %</i>	<i>12</i>
<i>Среднее 2011-2013 годы</i>		
Дерново-подзолистая песчаная	Люпин желтый	678
	Овес	289
	Райграс однолетний	342
	Суданская трава	244
	Просо	328
	<i>Коэффициент вариации, %</i>	<i>46</i>
	<i>Коэффициент вариации*, %</i>	<i>15</i>
<i>Среднее 2013-2015 годы</i>		
Дерново-подзолистая супесчаная	Люцерна изменчивая	362
	Кострец безостый	225
	Тимофеевка луговая	217
	<i>Коэффициент вариации, %</i>	<i>30</i>

* – коэффициент вариации без учета люпина желтого

По накоплению ^{137}Cs кормовые культуры расположились в следующий убывающий ряд при полевом кормопроизводстве: люпин желтый, люцерна изменчивая, райграс однолетний, просо, овес, суданская трава, костреч безостый, тимopheевка луговая; при луговом кормопроизводстве: ежа сборная, овсяница луговая, двукисточник тростниковый. Установили, что виды семейства бобовых, наиболее продуктивные кормовые культуры в условиях дерново-подзолистых почв легкого гранулометрического состава, накапливают наибольшее количества ^{137}Cs .

Применение полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ в условиях радиоактивно загрязненного заливного луга позволяет получать урожай с удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы трав в зависимости от вида культуры в среднем от 1207 до 1326 Бк/кг (табл. 5.8, прил. 65-67). Наблюдали достоверное снижение удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы трав в зависимости от вида культуры в среднем от 1,9 до 2,3 раза. Превышение допустимого содержания радионуклида в кормах колебалось от 3,0 до 3,3 раза в зависимости от вида мятликовых трав, при этом установили незначительную ($V < 10\%$) изменчивость накопления ^{137}Cs в воздушно-сухой массе исследуемых мятликовых трав под действием полного минерального удобрения.

Таблица 5.8 – Влияние минерального удобрения на удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы луговых трав, Бк/кг (среднее 2009-2011 годы)

Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукисточник тростниковый	V, %
Контроль	2936	2851	2333	12
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	1326	1218	1207	5
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	834	829	726	8
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	459	439	393	8
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	480	455	432	5
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	293	306	255	9
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	280	273	248	6
HCP_{05}	50	44	45	—
V, %	101	101	95	—

При увеличении в дозе полного минерального удобрения $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ калийного удобрения от K_{45} до K_{75} наблюдали достоверное снижение накопления ^{137}Cs

в воздушно-сухой массе, исследуемых мятликовых трав, как по сравнению с контролем, так и вариантами с разным количеством внесённого калийного удобрения. При увеличении доли калийного в полном минеральном удобрении до $N_{45}P_{60}K_{75}$ превышение допустимого содержания радионуклида в кормах наблюдали при возделывании ежи сборной (459 Бк/кг) и овсяницы луговой (439 Бк/кг), при возделывании двукисточника тростникового получали корм с допустимым содержанием радионуклида.

Применение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ в условиях заливного луга позволяет достоверно снизить накопление ^{137}Cs в воздушно-сухой массе от 5,4 до 6,3 раз в зависимости от вида мятликовых трав по сравнению с контролем и от 2,7 до 2,9 раз по сравнению с вариантом внесения $N_{45}P_{60}K_{45}$. При этом полученные корма по содержанию ^{137}Cs превышали допустимый уровень. Увеличение в дозе полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ калийного удобрения от K_{60} до K_{90} достоверно снижало удельную активность ^{137}Cs с 248 до 280 Бк/кг в зависимости от вида мятликовых трав, корма по содержанию ^{137}Cs были нормативно чистыми.

Существенной разницы в снижении удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы исследуемых мятликовых трав между дозами $N_{60}P_{60}K_{75}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}$ полного минерального удобрения в наших исследованиях не обнаружили, при этом наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs .

Обнаружили, что возрастающие дозы минерального удобрения значительно изменяли показатель накопления ^{137}Cs в воздушно-сухой массе трав, коэффициент вариации в зависимости от вида мятликовых трав колебался от 95 до 101 %. При этом если сравнивать действие доз полного минерального удобрения на изменение накопления ^{137}Cs в воздушно-сухой массе исследуемых трав, то установили незначительную изменчивость от 5 до 9 % по видам трав.

Нашими исследованиями установлено, что корреляционная связь между возрастающими дозами азотного по фону фосфорно-калийного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной ($r = 0,50$), овсяницы луговой ($r = 0,48$) и двукисточника тростникового ($r = 0,42$) – средняя, а между возрастаю-

щими дозами калийного по фону азотно-фосфорного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной, овсяницы луговой и двукисточника тростникового – сильная ($r > 0,7$) (рис. 5.1).

Отсюда следует, что при использовании систем удобрения в зоне радиоактивного загрязнения территории необходимо вести постоянный мониторинг накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых культур, так как азотные удобрения являясь основным фактором увеличения урожайности, также являются фактором увеличения накопления ^{137}Cs в кормах.

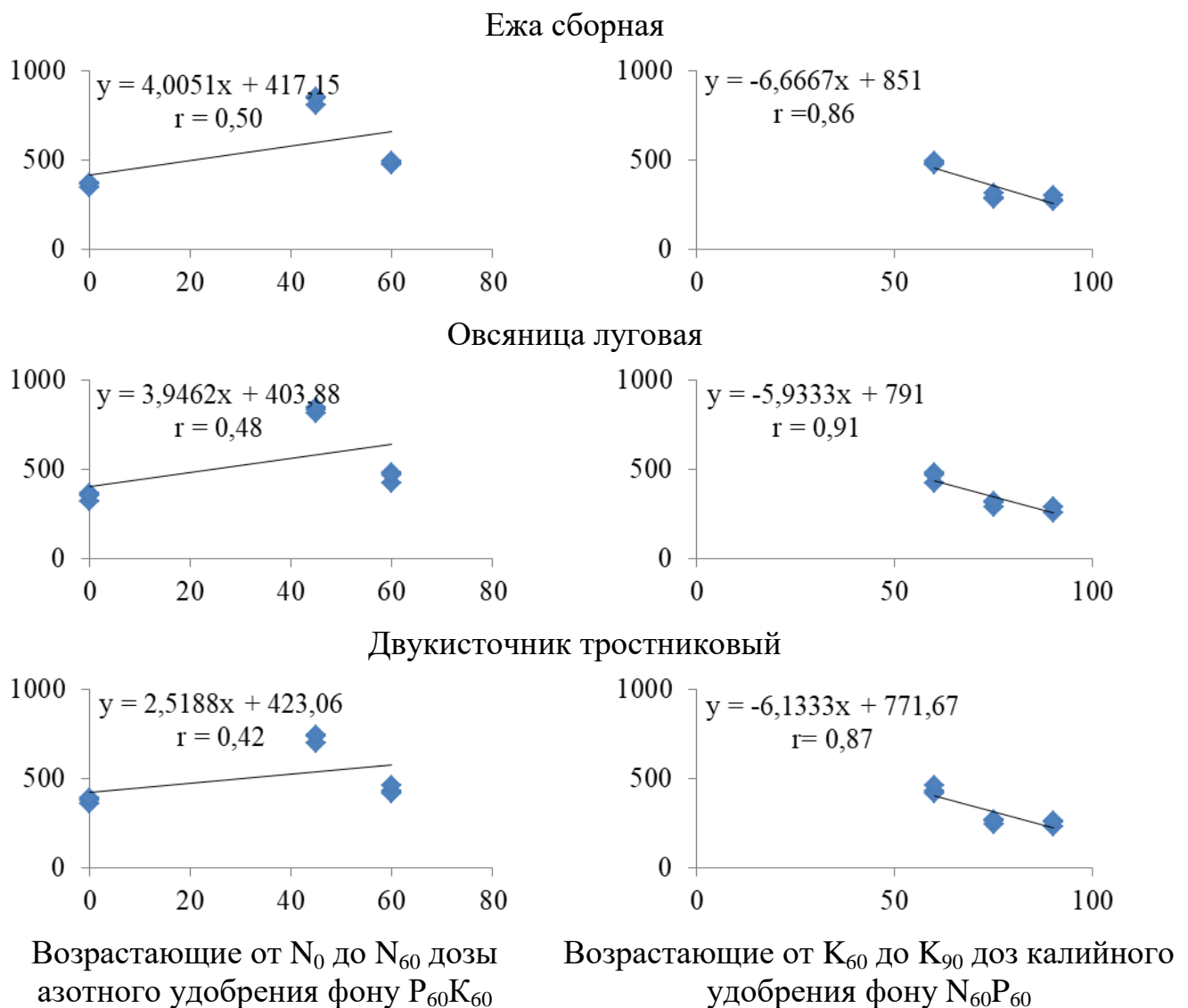


Рисунок 5.1 – Корреляционная зависимость между удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых трав и возрастающими дозами минерального удобрения

Применение калийного и (или) фосфорно-калийного удобрения в условиях юго-запада Брянской области вело к снижению удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых культур (табл. 5.9, прил. 68-78).

Внесение фосфорно-калийного удобрения в дозе $\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ на пойменной дерново-оглеенной супесчаной почве достоверно снижало удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной в 6,7 раза в сравнении с вариантом без удобрения, при возделывании овсяницы луговой и двукисточника тростникового достоверное снижение соответственно составило 6,3 и 5,4 раза в сравнении с вариантом без удобрения, при этом корма по содержанию ^{137}Cs в них не соответствовали нормативу (400 Бк/кг) (Ветеринарно-санитарные требования..., 2002). Применение фосфорно-калийного удобрения в дозе $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ достоверно снижало удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной и овсяницы луговой соответственно до 358 и 342 Бк/кг, как по сравнению с вариантов без применения удобрения, так и с вариантом применения $\text{P}_{60}\text{K}_{45}$. При возделывании двукисточника тростникового при данной дозе минерального удобрения наблюдали тенденцию к снижению до 376 Бк/кг (табл. 5.9).

Установили значительную изменчивость показателя удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной, овсяницы луговой и двукисточника тростникового под действием фосфорно-калийного минерального удобрения, коэффициент вариации в зависимости от вида трав колебался от 106 до 118%. При этом рассматривая изменения этого показателя по видам трав под действием фосфорно-калийного минерального удобрения выявили незначительную изменчивость удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы, коэффициент вариации колебался от 2 до 5%.

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от K_{180} до K_{210} на дерново-подзолистой песчаной почве наблюдали тенденцию к снижению удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы люпина желтого в 2,5, овса, райграса в 2,4, суданской травы в 1,9 раза в сравнении с вариантов без применения удобрения и достоверное снижение в 2,6 раза при возделывании проса.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K_{60} до K_{105} в фосфорно-калийном удобрении $P_{60}K_{60}$ на дерново-подзолистой супесчаной почве достоверно снижало удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы люцерны изменчивой в 3,8, костреца безостого в 3,6 и тимофеевки луговой в 3,4 раза в сравнении с вариантом без удобрения. Сравнения варианты применения фосфорно-калийного удобрения выявили тенденцию к снижению 1,6 раз удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы люцерны изменчивой, и достоверное снижение соответственно в 1,9 и 1,6 раза удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы костреца безостого и тимофеевки луговой.

Таблица 5.9 – Роль фосфорно-калийных и калийных удобрений в изменении удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых культур, Бк/кг

Культура Вариант	Ежа сборная		Овсяница луговая	Двукисточник тростниковый		V, %
Пойменная дерновая оглееная почва, среднее за 2009-2011 гг.						
Контроль	2936		2851	2333		12
P ₆₀ K ₄₅	441		451	436		2
P ₆₀ K ₆₀	358		342	376		5
HCP ₀₅	77		84	66		—
V, %	118		116	106		—
Дерново-подзолистая песчаная почва, среднее за 2011-2013 гг.						
Культура Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо	V, %
Контроль	678	289	342	244	328	46
K ₁₈₀	354	170	241	189	202	32
K ₂₁₀	274	122	144	131	125	41
HCP ₀₅	347	243	290	154	141	—
V, %	49	44	41	30	47	—
Дерново-подзолистая супесчаная почва, среднее за 2013-2015 гг.						
Культура Вариант	Люцерна изменчивая		Кострец безостый	Тимофеевка луговая		V, %
Контроль	362		225	217		30
P ₆₀ K ₆₀	155		116	103		22
P ₆₀ K ₇₅	138		85	98		26
P ₆₀ K ₉₀	128		75	73		34
P ₆₀ K ₁₀₅	96		62	63		26
HCP ₀₅	78		47	31		—
V, %	61		59	56		—

Применение фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения при луговом и полевом кормопроизводстве на радиоактивно загрязнённой территории ведет к получению грубых кормов, отвечающих нормативному требованию по содержанию в них ^{137}Cs .

Вне зависимости от почвенных условий, радиологической обстановки территории и видового состава кормовой культуры наблюдали тенденцию к снижению удельной активности ^{137}Cs корма при увеличении доз калийного удобрения, аналогичные данные в других почвенно-климатических условиях получил ряд ученых России, Украины и Республики Беларусь (Пристер и др., 1996; Алексахин и др., 1999; Богдевич, 2011).

Для оценки роли минерального удобрения в изменении удельной активности ^{137}Cs грубого корма использовали коэффициент вариации, который показывает изменчивость этого показателя. Нами установлено, что используемые минеральные удобрения значительно ($V > 20\%$) изменяют удельную активность ^{137}Cs корма, что говорит о значимости фосфорно-калийного и калийного удобрения в производстве кормов на радиоактивно загрязнённых территориях.

Анализируя изменения коэффициента вариации в зависимости от почвенных условий, радиологической обстановки территории и видового состава кормовой культуры обнаружили, что на заливных лугах величина коэффициента больше, чем на полевых агроценозах, что говорит о более эффективном действии минерального удобрения на заливных лугах в снижении аккумуляции ^{137}Cs в корме.

При этом, если сравнить ряды возрастания аккумуляции ^{137}Cs в кормовых культурах и изменчивости этого показателя в зависимости от применения минерального удобрения, то обнаружим, что на заливных лугах совпадает аккумуляция и отзывчивость культуры на минеральные удобрения, в полевых агроценозах аналогичное наблюдали на супесчаной почве при плотности загрязнения 240 кБк/м^2 .

Проведя корреляционный анализ удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухого вещества кормовых культур и возрастающих доз калийного удобрения (табл. 5.10) установили, что коэффициент корреляции действия калийного

удобрения на удельную активность ^{137}Cs – отрицательный. С повышением доз калийного удобрения снижается накопление ^{137}Cs в продукции, получаемой с кормовых угодий.

В наших исследованиях установлено, что снижение удельной активности ^{137}Cs грубых кормов под действием калийного удобрения зависит от биологических особенностей конкретной кормовой культуры, что подтверждает корреляционный анализ. Установили среднюю корреляционную связь ($0,30 < r < 0,70$) возрастающих доз калийного удобрения в снижении удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы овса, райграса, суданки, коэффициент корреляции (r) находился в пределах от $-0,48$ до $-0,54$.

Таблица 5.10 – Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых культур

Культура	Коэффициент корреляции
<i>Возрастающие дозы от K_{45} до K_{60} по фону P_{60} ($n = 9$)</i>	
Ежа сборная	-0,96
Овсяница луговая	-0,87
Двукосточник тростниковый	-0,81
<i>Возрастающие дозы от K_0 до K_{210} ($n = 9$)</i>	
Люпин желтый	-0,77
Овёс	-0,48
Райграс однолетний	-0,52
Суданская трава	-0,54
Просо	-0,80
<i>Возрастающие дозы от K_{60} до K_{105} по фону P_{60} ($n = 5$)</i>	
Люцерна изменчивая	-0,97
Кострец безостый	-0,96
Тимофеевка луговая	-0,97

Сильную корреляционную связь ($r > 0,70$) между возрастающими дозами калийного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы наблюдали на кормовых культурах: ежа сборная, овсяница луговая, двукосточник тростниковый, люпин желтый, просо, люцерна изменчивая, кострец безостый, тимофеевка луговая.

При возделывании гетерогенных посевов в условия юго-запада Брянской области удельная активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы в среднем за годы ис-

следования составила 247-602 Бк/кг (табл. 5.11). Колебание удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы смешанных посевов зависело от погодных условий, компонентов посева и соотношения компонентов в смешанном посеве.

Накопление ^{137}Cs воздушно-сухой массы смешанных посевов люпина и овса при возделывании без применения минерального удобрения колебалось в зависимости от соотношения компонентов от 334 до 602 Бк/кг, наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs посевами с увеличением мятликового компонента. При этом обнаружили, что коэффициент вариации (28 %) накопления ^{137}Cs был больше 20%, что говорит о значительной изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева (табл. 5.11).

Таблица 5.11 – Влияние минерального удобрения и норм высева на удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы гетерогенных посевов кормовых культур, т/га (среднее за 2011-2013 годы)

Культура (норма высева, млн. шт./га)	Контроль	K ₁₈₀	K ₂₁₀	V, %
Люпин (1,0) + овёс (1,5)	602	308	233	51
Люпин (1,0) + овёс (2,5)	480	320	197	43
Люпин (1,0) + овёс (3,5)	334	261	155	36
V, %	28	11	20	–
Люпин (1,0) + райграс (1,5)	541	345	243	40
Люпин (1,0) + райграс (2,5)	478	313	243	35
Люпин (1,0) + райграс (3,0)	417	295	191	38
V, %	13	8	13	–
Люпин (1,0) + суданская трава (1,0)	570	391	226	43
Люпин (1,0) + суданская трава (1,5)	530	377	185	47
Люпин (1,0) + суданская трава (2,0)	356	228	185	35
V, %	23	27	12	–
Люпин (1,0) + просо (2,0)	393	254	185	38
Люпин (1,0) + просо (2,5)	282	215	144	32
Люпин (1,0) + просо (3,0)	247	198	133	30
V, %	25	13	18	–

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг д. в. на га в смешанных посевах люпина и овса наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs от 602 до 155 Бк/кг, при этом увеличение мятликового компонента в смешанном посеве средне изменяло накопление ^{137}Cs , коэффициент вариации был от 11 до 20 %.

Использование возрастающих доз калийного удобрения значительно влияло на показатель накопления ^{137}Cs смешанными посевами люпина и овса, коэффициент вариации колебался от 36 до 51 %.

Накопление ^{137}Cs воздушно-сухой массой смешанных посевов люпина и райграса при возделывании без применения минерального удобрения колебалось в зависимости от соотношения компонентов от 417 до 541 Бк/кг, наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs посевами с увеличением мятликового компонента. При этом обнаружили, что коэффициент вариации (13 %) накопления ^{137}Cs был больше 10%, но меньше 20 %, что говорит о средней изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева (табл. 5.11).

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг д. в. на га в смешанных посевах люпина и райграса наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs от 541 до 191 Бк/кг, при этом увеличение мятликового компонента в смешанном посеве изменяло накопление ^{137}Cs от незначительного до среднего, коэффициент вариации был от 8 до 13 %.

Установили, что применение возрастающих доз калийного удобрения значительно влияло на показатель накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массой смешанных посевов люпина и райграса, коэффициент вариации колебался от 35 до 40 %.

Накопление ^{137}Cs воздушно-сухой массой смешанных посевов люпина и суданской травы при возделывании без применения минерального удобрения колебалось в зависимости от соотношения компонентов от 356 до 570 Бк/кг, наблюдали тенденцию в снижении накопления ^{137}Cs посевами с увеличением мятликового компонента. При этом обнаружили, что коэффициент вариации (23 %) накопления ^{137}Cs был больше 20%, что говорит о значительной изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева.

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг на га в смешанных посевах люпина и суданской травы наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs , при этом увеличение мятликового компонента в смешанном посеве значительно или в средней степени снижало накопление ^{137}Cs , коэффициент вариации был от 12 до 27 %.

Установили, что применение возрастающих доз калийного удобрения значительно влияло на показатель накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массой смешанных посевов люпина и суданской травы, коэффициент вариации колебался от 35 до 47 %.

Накопление ^{137}Cs воздушно-сухой массой смешанных посевов люпина и проса при возделывании без применения минерального удобрения колебалось в зависимости от соотношения компонентов от 247 до 393 Бк/кг, наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массой посевов с увеличением мятликового компонента. При этом обнаружили, что коэффициент вариации (25 %) накопления ^{137}Cs был больше 20%, что говорит о значительной изменчивости показателя за счет увеличения соотношения компонентов посева (табл. 5.11).

При применении калийного удобрения в возрастающих дозах от 180 до 210 кг д. в. на га в смешанных посевах люпина и проса наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массой от 393 до 133 Бк/кг, при этом увеличение мятликового компонента в смешанном посеве изменяло накопление ^{137}Cs воздушно-сухой массой в средней степени, коэффициент вариации был от 13 до 18 %.

Установили, что применение возрастающих доз калийного удобрения значительно влияло на показатель накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массой смешанных посевов люпина и проса, коэффициент вариации колебался от 30 до 38 %.

Нашими исследованиями установлено, что возрастающие дозы калийного удобрения при возделывании смешанных посевов снижают накопление ^{137}Cs воздушно-сухой массой посевами, при этом изменения носят значительный характер (коэффициент вариации находился в пределах от 30 до 51 %). Наблюдали тенденцию к снижению накопления ^{137}Cs воздушно-сухой массой смешанных посевов с увеличением мятликового компонента в посеве. Корма, полученные при возделывании смешанных посевов без применения калийного удобрения в условиях эксперимента, не соответствовали нормативу по содержанию в них ^{137}Cs , за исключением смешанных посевов люпина и проса, люпина и овса с нормой высева семян 1,0 + 3,5 и люпина и суданской травы с нормой высева семян 1,0 + 2,0 млн. шт./га.

4.3. Биовынос ^{137}Cs из почвы кормовыми культурами в зависимости от доступности почвенной влаги и минерального питания

Пойменные луга, которые служат одним из главных источников грубых и сочных кормов для животноводства, также играют многофункциональную роль в формировании устойчивого агроландшафта. Поэтому изучение механизмов повышения их продуктивности и восстановления после антропогенного нарушения вызывает большой интерес (Losvik, 1988; Zhu, Shaw, 2000; Wallin, Svensson, 2012; Vogl et al., 2016; Uchida, Tagami, 2018). В условиях радиоактивного загрязнения, наряду с повышением продуктивности сенокосов и пастбищ, важным становится получение кормов, соответствующих нормативу по допустимому содержанию радионуклидов (Ратников и др., 2009; Чесалин и др. 2021б; Prosyannikov et al., 2000; Alexakhin, Geras'kin, 2011; Fesenko et al., 2013; Penrose et al., 2017).

В литературе накоплен большой объем данных о влиянии мелиорантов, органических и минеральных удобрений на урожайность и биовынос из почвы ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами (Подольяк и др., 2001; Сычев и др., 2016; Jacob et al., 2009; Hirayama et al., 2015). Экспериментально доказано, что калийные удобрения снижают удельную активность ^{137}Cs продукции растениеводства (Сычев и др., 2012; Коренев и др., 2013; Белоус и др., 2016; Tsukada et al., 2002; Kang et al., 2018). Внесение калийных удобрений стало основным агрохимическим приемом в условиях радиоактивного загрязнения почв. При исследовании разных доз N, P и K в составе полного минерального удобрения обнаружено, что переход ^{137}Cs из почвы в продукцию растениеводства зависит не только от дозы калия, но и от соотношения доз калия и азота, а также количества азота в составе полного минерального удобрения (Подольяк и др., 2007; Харкевич, Белоус, 2011; Белоус и др., 2012).

Нами впервые в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС исследована роль природных и антропогенных факторов на процесс миграции ^{137}Cs в системе почва – растения (на примере разных видов мятликовых трав кормового назначения) и предложен механизм, регулирующий биовынос ^{137}Cs из почвы через относительную транспирацию, определяющую доступность почвенной влаги для растений.

Период вегетации культур в 2010 году характеризовался повышенным радиационным балансом по сравнению с другими годами исследования. Оптимальные для роста и развития культур климатические условия сложились в 2011 году.

Дефицит почвенной влаги в период от возобновления вегетации до укоса не повлиял на водный режим посевов трав из-за близкого стояния грунтовых вод после периодического затопления поймы.

Транспирационный коэффициент (Тк) выражается транспирационным расходом влаги на формирование 1 т воздушно-сухой массы мятликовых трав. Как следует из таблицы 5.12, до укоса, при достатке почвенной влаги, значения Тк определяются климатическими условиями возделывания и не зависят от видовых особенностей культур.

Таблица 5.12 – Транспирационный коэффициент мятликовых трав в период вегетации

Год	2009	2010	2011
Культура			
Ежа сборная	452	500	515
Овсяница луговая	450	500	510
Двукосточник тростниковидный	450	500	510

Наибольшая урожайность воздушно-сухой массы мятликовых трав на всех вариантах опыта получена в 2010 году при значении ФАР, равном 268 МДж/м² и величине Тк равной 500.

На всех вариантах опыта мятликовых трав обнаружено увеличение урожайности воздушно-сухой массы при увеличении дозы минерального удобрения от 150 до 210 кг д.в. на 1 га.

Между величинами урожайности и удельной активности ¹³⁷Cs воздушно-сухой массы мятликовых трав обнаружена обратнопропорциональная зависимость. Согласно этой зависимости увеличение урожайности кормовой культуры с повышением доз минеральных удобрений приводит к уменьшению удельной активности ¹³⁷Cs в воздушно-сухой массе.

Расчет коэффициентов накопления ¹³⁷Cs в воздушно-сухой массе мятликовых трав по вариантам опыта (табл. 5.13) позволил установить обратно пропорци-

ональную зависимость между этими коэффициентами и урожайностью, а также дозами минеральных удобрений. Для раскрытия механизма проявления такой зависимости мы рассчитали значения относительной транспирации по вариантам опыта в разные годы (табл. 5.14).

Таблица 5.13 – Коэффициенты накопления ^{137}Cs в воздушно-сухой массе мятликовых трав

Вариант	Ежа сборная			Овсяница луговая			Двукосточник тростниковый		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Контроль	1,03	0,99	1,02	1,08	1,04	1,08	1,18	1,16	1,20
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	0,39	0,39	0,40	0,47	0,47	0,47	0,48	0,47	0,49
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	0,27	0,26	0,27	0,33	0,32	0,33	0,34	0,32	0,34
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	0,15	0,14	0,14	0,17	0,16	0,15	0,19	0,17	0,20
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	0,14	0,14	0,15	0,18	0,16	0,18	0,20	0,19	0,21
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	0,09	0,09	0,10	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,14
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	0,09	0,09	0,10	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12

Относительная транспирация используется для определения степени водообеспеченности посевов, срока поливов культур. Эта величина характеризует доступность почвенной влаги к корневой системе растения. Минеральные удобрения повышают транспирацию посевов (Cramer et al., 2008; Matimati et al., 2014) и, соответственно, значение относительной транспирации. При оптимальных условиях водного режима величина относительной транспирации культур – 0,70–0,85 (Генкель, 1975).

В период вегетации величина относительной транспирации во всех вариантах превышала 1,0 (табл. 5.14). Эти данные указывают на то, что посевы испытывали избыток влаги, вызванный близким залеганием грунтовых вод после затопления поймы в апреле.

Результаты расчетов (табл. 5.14) показывают, что с повышением дозы полного минерального удобрения возрастает величина относительной транспирации при избытке почвенной влаги. Электролиты, входящие в состав минеральных удобрений, вызывая сжатие двойных электрических слоев на стенках капилляров почвы, уменьшают долю адсорбированных ионов ^{137}Cs в потоке раствора к корневой системе растения. Увеличение дозы минерального удобрения повышает до-

ступность почвенной влаги для корней растения, уменьшает число P_e и приводит к уменьшению удельной активности ^{137}Cs в воздушно-сухой массе мятликовых трав. Относительная транспирация, определяющая биодоступность почвенной влаги и число P_e при разном уровне минерального питания, – одна из основных причин проявления обратно пропорциональной зависимости между удельной активностью ^{137}Cs и урожайностью воздушно-сухой массы у мятликовых трав.

Таблица 5.14 – Относительная транспирация посевов многолетних мятликовых трав

Вариант	2009 год			2010 год			2011 год		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	1,12	1,21	1,24	2,51	2,51	2,62	2,29	2,50	2,58
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	1,12	1,26	1,27	2,66	2,36	2,68	2,31	2,50	2,61
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	1,21	1,26	1,32	2,7	2,73	2,74	2,37	2,73	2,74
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	1,29	1,50	1,38	2,62	2,63	2,65	2,53	2,62	2,69
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	1,42	1,47	1,58	1,57	2,71	2,73	2,53	2,68	2,73
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	1,43	1,55	1,73	2,76	2,8	2,88	2,74	2,74	2,78

Примечание: 1 – ежа сборная, 2 – овсяница луговая, 3 – двукисточник тростниковидный.

Данные по удельной активности ^{137}Cs в воздушно-сухой массе мятликовых трав отражают связь между удельной активностью в контроле и при применении разных доз минеральных удобрений. При увеличении дозы полного минерального удобрений выше 195 кг д. в. на 1 га разность в значениях λ равна 0 или очень мала (табл. 5.15). Эти данные подтверждают экспоненциальную зависимость удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы трав в варианте i от транспирации и адекватности теоретическому и реальному процессу биовыноса.

Следует отметить, что при равных условиях возделывания в каждом из шести опытных вариантов отмечали изменения в интенсивности биовыноса ^{137}Cs культурами в зависимости от вида, о чем сообщают другие авторы (Fuhrmann et al., 2002; Fuhrmann et al., 2003; Alexakhin et al., 2007; Fesenko et al., 2007). В нашем эксперименте наименьшей интенсивностью биовыноса ^{137}Cs из почвы характеризуется ежа сборная, наибольшей – двукисточник тростниковидный.

Таблица 5.15 – Относительная интенсивность биовыноса ^{137}Cs из почвы воздушно-сухой массой многолетних мятликовых трав (λ)

Вариант	2009 год			2010 год			2011 год		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	5,7	5,0	4,7	2,3	2,3	1,8	2,4	2,1	1,8
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	8,3	7,4	6,6	3,2	3,4	3	3,6	3,1	3,0
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	10,8	10,8	9,7	4,4	4,3	3,9	4,7	4,2	3,7
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	9,7	8,5	9,0	4,5	4,4	4,1	4,5	4,2	3,8
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	11,4	10,5	9,4	9,3	5,2	4,7	5,6	5,1	4,3
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	11,4	10,3	10	5,3	5,2	4,8	5,2	5,2	4,5

Примечание: 1 – ежа сборная, 2 – овсяница луговая, 3 – двукосточник тростниковидный.

Анализ результатов, проведенных на одновидовых посевах мятликовых кормовых трав, позволил выявить следующие особенности процесса биовыноса ^{137}Cs из почвы. Транспирационный коэффициент исследуемых видов трав при достаточной влагообеспеченности не зависит от дозы и вида удобрений. Одной из основных причин обратно пропорциональной зависимости между удельной активностью ^{137}Cs и урожайностью воздушно-сухой массы трав служит увеличение относительной транспирации при повышении дозы полного минерального удобрения и уменьшении доли адсорбированных ионов ^{137}Cs в потоке почвенной влаги к корневой системе, вызванном сжатием двойных электрических слоев на стенках пор и уменьшением числа Pe при усилении конвекции в потоке. Нами выведено уравнение биовыноса ^{137}Cs из почвы воздушно-сухой массой многолетних мятликовых трав при применении минеральных удобрений, которое выражает закономерность изменения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы под действием вносимых удобрений и справедливо для исследованных видов мятликовых трав.

Разные виды культур по разному выносят из почвы и накапливают радионуклиды, исходя из современных сведений, все культуры делятся на три группы: 1) слабо накапливающие, к ним относятся ячмень, пшеница, овёс; 2) средне накапливающие, к ним относятся просо, гречиха; 3) сильно накапливающие, к ним относят фасоль, горох, люпин и другие бобовые (Сельскохозяйственная радиология..., 1991).

В порядке убывания коэффициента перехода (КП) сельскохозяйственные культуры располагаются в следующие последовательности:

- 1) Зерновые культуры: гречиха > овёс > рожь > сорго > просо > ячмень > пшеница мягкая.
- 2) Зернобобовые культуры: люпин синий > горох посевной > люпин желтый > люпин белый.
- 3) Многолетние бобовые травы: люцерна посевная > клевер красный > людовенец рогатый.
- 4) Многолетние мятликовые травы: овсяница луговая > ежа сборная > ко-
стрец безостый > тимopheевка луговая > житняк гребневидный (Анненков, Юдинце-
ва, 1991; Сельскохозяйственная радиология..., 1991; Ведение сельского ..., 1999).

Причины возникновения этих последовательностей остаются не рассмотренными, поэтому возникает необходимость раскрыть механизмы, вызывающие аккумуляцию ^{137}Cs в продукции растениеводства в зависимости от вида, и выразить их действия на основе одной общей зависимости.

Период вегетации кормовых культур в 2013 году характеризовался повышенными значениями радиационного баланса, фотосинтетически активной радиации, испаряемости и дефицита атмосферной влаги. В 2013 году культуры возделывались в экстремальных по водообеспеченности условиях ($KУ = 0,34$).

Период вегетации культур в 2011 году характеризовался оптимальным водным режимом ($KУ \sim 0,7$). В 2012 году культуры испытывали недостаток почвенной влаги ($KУ \sim 0,5$). Отличающиеся фитоклиматические и метеорологические условия возделывания кормовых культур в 2011-2013 годах позволили выявить роль вида и минерального удобрения в биовыносе ^{137}Cs из почвы в кормопроизводстве.

Транспирационный коэффициент ($Kт$) в 2011 году всех исследуемых культур имел повышенные значения в сравнении с 2012 и 2013 годами, когда был оптимальный водный режим (табл. 5.12). Известно, что транспирационный расход влаги на формирование одной тонны воздушно-сухой массы зависит от почвенно-климатических условий и вида культуры (Сельскохозяйственная энциклопедия..., 1972) и не зависит от минерального питания культур (Шатилов, 1978).

Разные виды кормовых культур имели сильные различия в показатели транспирационного коэффициента. Минимальное количество 355 и 361 тонн влаги в среднем за годы исследования соответственно люпин желтый и просо посевное. Максимальное количество 476 тонн влаги на формирование одной тонны воздушно-сухой массы затрачивал райграсс однолетний, который является влаголюбивой культурой (табл. 5.16).

Таблица 5.16 – Транспирационный коэффициент (Кт) разных видов культур в весенне-летней период вегетации

Год	Люпин желтый	Овёс посевной	Райграсс однолетний	Суданская травка	Просо посевное
2011	362	467	496	469	378
2012	347	454	461	451	350
2013	355	461	470	457	355
Среднее	355	461	476	459	361

Примечание: Кт – транспирационный расход влаги (т) на формирование одной тонны воздушно-сухой массы.

Овёс посевной и суданская трава занимают среднее положение между влаголюбивыми и засухоустойчивыми культурами соответственно в среднем 461 и 459 т (табл. 5.16).

По рассчитанным экспериментальным значения биовыноса ^{137}Cs с 1 т транспирирующей воды (Бк / 1 т воды) кормовыми культурами в период вегетации в разные годы, установили, что на опытном поле наблюдается значительное снижение биовыноса ^{137}Cs с 1 т транспирирующей влаги культурами в 2012 и 2013 годах по сравнению с 2011 годом. Исключение составили делянки, занятые просо посевным (табл. 5.17).

Таблица 5.17 – Биовынос ^{137}Cs с 1 тонной транспирирующей воды (Бк/т воды) культурами в период вегетации

Вариант	Люпин желтый			Овёс посевной			Райграсса однолетний			Суданская травка			Просо посевное		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
контроль	2763	1489	1467	866	751	271	1141	690	333	437	791	371	944	669	1094
K ₁₈₀	1205	1024	759	660	512	159	801	424	313	335	323	356	339	503	867
K ₂₁₀	913	915	488	219	480	473	145	397	177	260	162	215	246	377	431

Примечание: 1 – 2011 г.; 2 – 2012 г.; 3 – 2013 г.

Для объяснения данного явления был проведен расчет относительной транспирации на исследуемых культурах (табл. 5.18). Как следует из таблицы 4, в 2011 году дерново-подзолистая песчаная почва содержала повышенное количество влаги по сравнению с 2012 и 2013 годами, соответствующее оптимальному значению относительной транспирации, равной 0,7-0,85; или близкому к нему значению, равному 0,5-0,6.

Таблица 5.18 – Характеристика процесса биовыноса ^{137}Cs культурами при внесении калийных удобрений

Вариант	Люпин желтый			Овёс посевной			Райграс однолетний			Суданская травя			Просо посевное		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Кратность снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы на вариантах по сравнению с контролем															
K ₁₈₀	2,3	1,4	2,0	1,3	1,5	1,7	1,4	1,6	1,5	1,3	2,4	1,2	2,8	1,3	1,3
K ₂₁₀	3,0	1,6	3,0	3,9	1,6	0,6	1,5	1,7	2,0	1,7	11,9	1,7	3,0	1,8	2,5
Относительная транспирация посевов															
Контроль	0,57	0,96	0,82	0,31	0,41	0,33	0,42	0,34	0,13	0,87	0,67	0,54	0,62	0,39	0,43
K ₁₈₀	0,71	1,03	0,87	0,76	0,39	0,34	0,52	0,40	0,14	0,92	0,69	0,56	0,66	0,55	0,46
K ₂₁₀	0,72	1,08	0,88	0,82	0,49	0,36	0,58	0,44	0,16	0,94	0,76	0,57	0,68	0,55	0,48
Постоянная биовыноса ^{137}Cs из почвы (λ , 1/М)															
K ₁₈₀	4,9	1,3	2,7	1,4	4,2	5,2	2,7	4,8	9,6	1,2	5,2	1,1	6,6	1,9	1,9
K ₂₁₀	6,3	1,8	4,2	6,9	4	4,8	2,9	5	–	2,4	86	3,1	8,2	4,4	6,5
Среднее	3,5			4,4			6,6			3,6			4,9		

Примечание: 1 – 2011 г.; 2 – 2012 г.; 3 – 2013 г.

При оптимальном влагосодержании почвы наблюдались повышенные значения Кт и биовыноса ^{137}Cs с 1 т транспируемой влаги на всех вариантах.

В 2012 году резко увеличился дефицит атмосферной влаги и все культуры, за исключением люпина жёлтого, понизили поглощение солнечной радиации, уменьшив значение относительной транспирации и биовыноса ^{137}Cs с 1 т транспируемой влаги на всех вариантах.

В 2013 году дефицит атмосферной влагам возрос по сравнению с 2011 и 2012 годами соответственно в 1,6 и 2,5 раза. Для райграса однолетнего сложилась стрессовая ситуация, относительная транспирация была равна 0,13–0,16, овёс посевной также испытывал большой дефицит доступной влаги, относительная транспирация была равна 0,33–0,36 в зависимости от варианта опыта.

Небольшой дефицит доступной влаги испытывали просо посевное (относительная транспирация была равна 0,4-0,5) и суданская трава (относительная транспирация была равна 0,5-0,6) и совсем не испытывал дефицита доступной влаги люпин желтый (относительная транспирация была равна 0,8–0,9).

Таким образом, снижение на всех вариантах биовыноса ^{137}Cs с 1 т транспируемой воды культурами в период вегетации в 2012 и 2013 годах по сравнению с 2011 годом обусловлено запасами доступной влаги.

Кратность снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы, на вариантах с внесением калийного удобрения по сравнению с контролем, также зависит от относительной транспирации посевов, но эту зависимость культуры проявляют специфически. Все культуры имеют максимальное значение кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы только при оптимальном влагосодержании почвы (относительной транспирации в пределах 0,7-0,85) (табл. 5.18).

При повышении относительной транспирации и значении равном 0,7-0,85, люпин желтый снижает значения кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы, то есть увеличивается биовынос ^{137}Cs .

Овёс посевной снижает значения кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы при значении относительной транспирации в пределах 0,3-0,4. Райграс однолетний в течение трёх лет исследований испытывал недостаток доступной влаги и характеризовался низкими значениями кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы.

Суданская трава при значениях относительной транспирации больше или меньше значения 0,7-0,85 имела низкие величины кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы. Просо посевное характеризовалось низкими значениями кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы при относительной транспирации меньше 0,7-0,85. Таким образом, зависимость величин кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы от относительной транспирации культуры проявляли по-разному.

Как следует из таблицы 5.18, даже в засушливый период вегетации 2013 года относительная транспирация люпина жёлтого соответствовала оптимальному значению, равному 0,7-0,85. Все остальные культуры в 2013 году нуждались в до-

полнительном увлажнении, причем овёс посевной и райграсс однолетний находились в стрессовых условиях.

Для всех культур соблюдается линейная прямопропорциональная зависимость между натуральным логарифмом кратности снижения биовыноса ^{137}Cs из почвы и транспирацией посевов.

Корневые волоски на корнях растений образуют зону всасывания почвенного раствора. Ионы, передвигающиеся к корневым волоскам, прежде чем попасть на их поверхность, преодолевают посредством диффузии два электростатических поля, которые могут быть перекрыты, из чего следует, что биовынос ^{137}Cs зависит не только от свойств почвы, но и особенностей корневой системы культуры.

Имея данные ЕКО, удельной поверхности, температуры почвы в период вегетации было рассчитано значение постоянной λ для дерново-подзолистой песчаной почвы, которое составило $5,3 \text{ л} / \text{М}$. При определении постоянной (λ) корневых волосков к величине λ для дерново-подзолистой песчаной почвы прибавлялось экспериментально полученное значение постоянной биовыноса.

Постоянная (λ) биовыноса зависит от вида культуры и относительной транспирации, обусловленной климатическими условиями вегетации. По средней величине биовыноса на вариантах с внесением разных доз калийного удобрения культуры расположились в следующую убывающую последовательность: люпин желтый, суданская трава > овёс посевной > просо посевное > райграсс однолетний.

В таблице 5.19 приведены физико-химические характеристики корневых систем растений. Данные ёмкости катионного обмена корневых систем были взяты из работ (Drake et al., 1951; Mehlich, Drake, 1955; Drake, 1964).

Наибольшую удельную поверхность корней имел жёлтый люпин, в сравнении с другими исследуемыми культурами она была больше в 2 и более раз. поэтому люпину желтому была доступна трудноусвояемая влага, которая содержит большую долю адсорбированных катионов ^{137}Cs (табл. 5.19).

Экспериментальные данные полученные по величине биовыноса ^{137}Cs из почвы кормовыми культурами соответствуют величине плотности отрицательного заряда и постоянной корневых систем.

Таблица 5.19 – Физико-химическая характеристика корневых систем культур

Показатель	Люпин желтый	Овёс посевной	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо посевное
ЕКО	47,7	22,8	22,5	13,5	12,2
S	33,3	14,4	11,6	9,3	7,3
σ	1,37	1,51	1,86	1,39	1,6
λ	8,8	9,7	11,9	8,9	10,2

Примечание: ЕКО – ёмкость катионного обмена воздушно-сухих корней растений, мэкв / 100 г; S – удельная поверхность корней, м²/г; σ – плотность поверхностных зарядов корней растений, Кл/м²; λ – постоянная корневой системы культуры.

При возделывании гетерогенных посевов необходимо учитывать плотность поверхностных зарядов и засухоустойчивость компонента, если учитывать эти два признака, то для составления гетерогенных посевов на дерново-подзолистых почвах необходимо использовать совместные посевы люпина желтого и проса.

Поэтому, при проведении исследований биовыноса ¹³⁷Cs разными видами кормовых культур возделываемых на дерново-подзолистых почвах получены следующие результаты: разные виды культур имеют следующие значения транспирационного коэффициента: люпин желтый и просо посевное – 360, овёс посевной и суданская трава – 460, райграс однолетний – 480; для всех исследуемых видов кормовых культур соблюдается линейная прямо пропорциональная зависимость между натуральным логарифмом кратности снижения биовыноса ¹³⁷Cs из почвы на вариантах по сравнению с контролем и транспирацией посевов. Коэффициент, входящий в зависимость, является постоянной величиной для определённого вида культуры и почвенно-климатических условий; по средней величине биовыноса ¹³⁷Cs из почвы на вариантах с внесением калийного удобрения культуры составили следующую убывающую последовательность: люпин желтый, суданская трава > овёс посевной > просо посевное > райграс однолетний; биовынос ¹³⁷Cs из почвы определяется физико-химическими свойствами корневой системы культуры и данной почвы. По величине плотности поверхностных зарядов корневой системы культуры расположились в последовательность, совпадающую с экспериментально полученной по величине биовыноса ¹³⁷Cs из дерново-подзолистой песчаной почвы; люпин желтый, имея из изучаемых культур самую большую удельную поверхность, способен усваивать труднодоступную влагу с основной долей адсор-

бированного ^{137}Cs и поддерживать на оптимальном уровне относительную транспирацию в засушливой вегетационный период; для смешанных посевов с люпином при возделывании их на дерново-подзолистых песчаных почвах в разные годы можно использовать только просо посевное. Райграс однолетний – влаголюбивая культура, суданская трава и овёс посевной по биовыносу ^{137}Cs сравнимы с люпином желтым.

5.4. Влияние минерального удобрения при возделывании кормовых культур на радиоэкологические показатели территории юго-запада Брянской области

В научной литературе крайне мало данных о переходе радионуклидов в продукцию кормопроизводства на легких почвах разного генезиса в отдаленный период после аварии на ЧАЭС в зависимости применения минерального удобрения и мероприятий по улучшению кормовых угодий.

Установление количественных параметров перехода радионуклидов в продукцию кормопроизводства в зависимости от мероприятий по улучшению кормовых угодий и уровня применения минерального удобрения с возрастающими дозами калийного удобрения. В период с 2003 по 2008 годы в наших исследованиях на заливном лугу при возделывании мятликовых трав установлено, что максимальный переход ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства от 1,87 до 2,45 происходил в условиях без применения минерального удобрения, при этом снижение коэффициента перехода ^{137}Cs происходило от естественного травостоя до сеяного травостоя при коренном улучшении. Применение возрастающих доз минерального удобрения в условиях радиоактивно загрязненного заливного луга позволяет снизить коэффициент перехода ^{137}Cs в зависимости от мероприятий по улучшению от 0,04 до 0,05 Бк/кг : кБк/м².

Выявлено, что кратность снижения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы мятликовых трав росла с повышением доз минерального удобрения, с максимумом от 38,1 до 43,5 раза в зависимости от мероприятий улучшения при использовании полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{90}\text{P}_{120}\text{K}_{180}$ (табл. 4.20).

Таблица 5.20 – Радиоэкологические показатели при ведении кормопроизводства на территории юго-запада Брянской области при использовании полного минерального удобрения среднее за 2003-2008 гг.

Вариант	Естественный травостой		Сеяный травостой			
			поверхностное улучшение		коренное улучшение	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	2,04	2,45	1,89	1,94	1,87	1,89
	—	—	—	—	—	—
P ₉₀ K ₁₂₀	0,28	0,31	0,27	0,31	0,21	0,24
	7,2	7,8	6,9	6,2	8,7	8,0
P ₁₂₀ K ₁₈₀	0,08	0,11	0,08	0,10	0,07	0,08
	24,4	22,8	23,2	20,1	28,3	23,9
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₂₀	0,92	1,15	0,92	0,92	0,74	0,84
	2,2	2,1	2,1	2,1	2,5	2,2
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₈₀	0,22	0,27	0,22	0,24	0,23	0,24
	9,1	9,1	8,5	8,0	8,2	8,0
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₄₀	0,12	0,13	0,13	0,14	0,11	0,12
	16,7	18,6	14,2	14,1	17,6	15,9
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₈₀	0,28	0,36	0,28	0,33	0,26	0,30
	7,3	6,7	6,7	5,8	7,1	6,3
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₂₇₀	0,13	0,12	0,12	0,13	0,09	0,10
	16,2	20,3	16,2	15,2	20,3	18,1
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₃₆₀	0,05	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05
	38,8	36,8	38,1	35,4	43,5	39,3

Примечание: числитель – коэффициент перехода, Бк/кг : кБк/м²; знаменатель – кратность снижения, раз

В период с 2009 по 2014 годы в наших исследованиях на заливном лугу при возделывании мятликовых трав установлено, что максимальный переход ¹³⁷Cs из почвы в продукцию кормопроизводства от 2,63 до 2,79 происходил в условиях без применения минерального удобрения, при этом снижение коэффициента перехода ¹³⁷Cs от применения только агротехнических мероприятий не обнаружили (табл. 5.21).

Применение возрастающих доз минерального удобрения в условиях радиоактивно загрязненного заливного луга позволяет снизить коэффициент перехода ¹³⁷Cs в зависимости от мероприятий по улучшению от 0,25 до 0,34 Бк/кг : кБк/м².

Таблица 5.21 – Радиоэкологические показатели при ведении кормопроизводства на территории юго-запада Брянской области при использовании полного минерального удобрения среднее за 2009-2014 гг.

Вариант	Естественный травостой		Сеяный травостой			
			поверхностное улучшение		коренное улучшение	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	2,73	2,63	2,79	2,71	2,75	2,78
	—	—	—	—	—	—
P ₆₀ K ₉₀	0,54	0,53	0,42	0,42	0,54	0,46
	5,1	4,9	6,6	6,4	5,1	6,0
P ₆₀ K ₁₂₀	0,41	0,40	0,37	0,37	0,36	0,36
	6,7	6,5	7,6	7,3	7,5	7,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	1,56	1,52	1,47	1,39	1,31	1,22
	1,8	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0,93	0,92	0,80	0,74	0,65	0,65
	2,9	2,8	3,5	3,7	4,2	4,3
N ₉₀ P ₆₀ K ₁₅₀	0,51	0,43	0,47	0,49	0,41	0,41
	5,3	6,1	5,9	5,5	6,7	6,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	0,60	0,59	0,56	0,57	0,49	0,50
	4,6	4,5	4,9	4,7	5,6	5,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₅₀	0,39	0,45	0,33	0,36	0,36	0,40
	7,1	5,9	8,4	7,6	7,7	6,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	0,28	0,34	0,25	0,27	0,27	0,30
	9,8	7,8	11,0	10,0	10,2	9,2

Примечание: числитель – коэффициент перехода, Бк/кг : кБк/м²; знаменатель – кратность снижения, раз

Нашими исследованиями выявлено, что кратность снижения удельной активности ¹³⁷Cs воздушно-сухой массы мятликовых трав росла с повышением доз минерального удобрения, с максимумом от 7,8 до 11,0 раз в зависимости от мероприятий улучшения при использовании полного минерального удобрения в дозе N₆₀P₆₀K₉₀ (табл. 5.21).

Установление количественных параметров перехода радионуклидов в продукцию кормопроизводства в зависимости от биологических особенностей кормовых культур и уровня применения полного минерального удобрения с возрастающими дозами калийного удобрения. В наших исследованиях на заливном лугу при возделывании одновидовых посевов мятликовых трав установлено, что максимальный переход ¹³⁷Cs из почвы в продукцию кормопроизводства от 3,26 до

4,11 происходил в условиях без применения минерального удобрения, при этом мятликовые травы по коэффициенту перехода ^{137}Cs расположились в следующем убывающем порядке: ежа сборная, овсяница луговая, двукосточник тростниковый (табл. 5.22).

Применение полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ в условиях радиоактивно загрязненного заливного луга позволяет снизить коэффициент перехода ^{137}Cs в зависимости от вида культуры от 1,69 до 1,85 Бк/кг : кБк/м² (табл. 5.22). Наблюдали дальнейшее снижение коэффициента перехода ^{137}Cs вне зависимости от вида культуры при увеличении доз калийного в полном минеральном удобрении. Аналогичный тренд снижения коэффициента перехода ^{137}Cs наблюдали при применении полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ и возрастающими дозами калийного удобрения в нём.

Таблица 5.22 – Радиоэкологические показатели при ведении кормопроизводства на территории юго-запада Брянской области при использовании полного минерального удобрения

Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый
Контроль	<u>4,11</u> —	<u>3,99</u> —	<u>3,26</u> —
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	<u>1,85</u> 2,21	<u>1,70</u> 2,34	<u>1,69</u> 1,93
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	<u>1,17</u> 3,52	<u>1,16</u> 3,44	<u>1,01</u> 3,22
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	<u>0,64</u> 6,40	<u>0,61</u> 6,49	<u>0,55</u> 5,94
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	<u>0,67</u> 6,12	<u>0,64</u> 6,27	<u>0,60</u> 5,40
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	<u>0,41</u> 10,02	<u>0,43</u> 9,32	<u>0,36</u> 9,15
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	<u>0,39</u> 10,49	<u>0,39</u> 10,29	<u>0,35</u> 9,41

Примечание: числитель – коэффициент перехода, Бк/кг : кБк/м²; знаменатель – кратность снижения, раз

Нашими исследованиями выявлено, что кратность снижения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы мятликовых трав росла с повышением доз

полного минерального удобрения, с максимумом от 9,41 до 10,49 раз в зависимости от вида культуры при использовании полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Сравнивая количественные параметры перехода радионуклидов в продукцию кормопроизводства в зависимости от местоположения кормовых угодий, биологических особенностей кормовых культур и уровня применения фосфорно-калийного (калийного) удобрения нами было установлено, что максимальный переход ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства от 3,26 до 4,11 происходил в условиях заливного луга. Переход ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства в условиях полевого агроценоза был в разы меньше, при этом радиоактивное загрязнение было сопоставимо, при этом наибольший переход радионуклида наблюдали на культурах семейства бобовые (табл. 5.23).

Применение фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения при луговом и полевом кормопроизводстве на радиоактивно загрязнённой территории ведет к снижению перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства. Максимальную кратность снижения удельной активности ^{137}Cs от 6,19 до 8,34 раз воздушно-сухой массы в зависимости от вида кормовых культур наблюдали в условиях заливного луга при применении фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{60}$. В условиях полевого кормопроизводства в зависимости от вида культуры максимальную кратность снижения от 3,44 до 3,77 раз наблюдали на дерново-подзолистой супесчаной почве при применении фосфорно-калийного удобрения в дозе $P_{60}K_{105}$.

Действие фосфорно-калийного и калийного удобрения на кратность снижения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы кормовых культур качественно не отличается, происходило уменьшение с увеличением доз внесения калия в почву, при этом количественно снижение зависит от генезиса почвы, рельефа и биологических особенностей культуры.

Таблица 5.23 – Радиоэкологические показатели при ведении кормопроизводства на территории юго-запада Брянской области при использовании фосфорно-калийного и калийного удобрения

Культура Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый		
Пойменная дерновая оглееная почва, среднее 2009-2011 годы					
Контроль	<u>4,11</u> —	<u>3,99</u> —	<u>3,26</u> —		
P ₆₀ K ₄₅	<u>0,62</u> 6,66	<u>0,64</u> 6,18	<u>0,64</u> 5,35		
P ₆₀ K ₆₀	<u>0,50</u> 8,20	<u>0,48</u> 8,34	<u>0,53</u> 6,19		
Дерново-подзолистая песчаная почва, среднее 2011-2013 годы					
Культура Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская травя	Просо
Контроль	<u>0,80</u> —	<u>0,34</u> —	<u>0,40</u> —	<u>0,29</u> —	<u>0,39</u> —
K ₁₈₀	<u>0,42</u> 1,92	<u>0,20</u> 1,70	<u>0,28</u> 1,42	<u>0,22</u> 1,29	<u>0,24</u> 1,62
K ₂₁₀	<u>0,32</u> 2,47	<u>0,14</u> 2,37	<u>0,17</u> 2,38	<u>0,15</u> 1,86	<u>0,15</u> 2,62
Дерново-подзолистая супесчаная почва, среднее 2013-2015 годы					
Культура Вариант	Люцерна изменчивая	Кострец безостый	Тимофеевка луговая		
Контроль	<u>1,51</u> —	<u>0,94</u> —	<u>0,90</u> —		
P ₆₀ K ₆₀	<u>0,65</u> 2,34	<u>0,48</u> 1,94	<u>0,43</u> 2,11		
P ₆₀ K ₇₅	<u>0,58</u> 2,62	<u>0,35</u> 2,65	<u>0,41</u> 2,21		
P ₆₀ K ₉₀	<u>0,53</u> 2,83	<u>0,31</u> 3,00	<u>0,30</u> 2,97		
P ₆₀ K ₁₀₅	<u>0,40</u> 3,77	<u>0,26</u> 3,63	<u>0,26</u> 3,44		

Примечание: числитель – коэффициент перехода, Бк/кг : кБк/м²; знаменатель – кратность снижения, раз

При возделывании кормовых культур в смешанных посевах наблюдали колебания коэффициент перехода ¹³⁷Cs от 0,29 до 0,71 Бк/кг : кБк/м² в зависимости от видов входящих в смешанный посев и соотношений компонентов смешанного посева. Нами установлено, что с увеличением мятликового компонента в смешан-

ном посеве происходило снижение коэффициент перехода ^{137}Cs , применение калийного удобрения усиливало этот эффект, минимальный от 0,16 до 0,22 коэффициент перехода ^{137}Cs в воздушно-сухую массу смешанных посевов кормовых культур обнаружили при применении калийного удобрения в дозе K_{210} и наибольшем соотношении мятликового к бобовому компоненту (табл. 5.24).

Установили, что кратность снижения увеличивалась при повышении доз калийного удобрения и снижении доли мятликового компонента в смешанном посеве. Наибольшую кратность снижения ^{137}Cs от 2,12 до 2,58 раз обнаружили при применении калийного удобрения в дозе K_{210} и наибольшем соотношении бобового компонента к мятликовому в смешанном посеве (табл. 5.24).

Таблица 5.24 – Радиоэкологические показатели при возделывании смешанных посевов кормовых культур на территории юго-запада Брянской области при использовании калийного удобрения

Культура (норма высева, млн. шт./га)	Контроль	K_{180}	K_{210}
Люпин (1,0) + овёс (1,5)	<u>0,71</u> –	<u>0,36</u> 1,95	<u>0,27</u> 2,58
Люпин (1,0) + овёс (2,5)	<u>0,56</u> –	<u>0,38</u> 1,50	<u>0,23</u> 2,44
Люпин (1,0) + овёс (3,5)	<u>0,39</u> –	<u>0,31</u> 1,28	<u>0,18</u> 2,15
Люпин (1,0) + райграс (1,5)	<u>0,64</u> –	<u>0,41</u> 1,57	<u>0,29</u> 2,23
Люпин (1,0) + райграс (2,5)	<u>0,56</u> –	<u>0,37</u> 1,53	<u>0,29</u> 1,97
Люпин (1,0) + райграс (3,0)	<u>0,49</u> –	<u>0,35</u> 1,41	<u>0,22</u> 2,18
Люпин (1,0) + суданская трава (1,0)	<u>0,67</u> –	<u>0,46</u> 1,46	<u>0,27</u> 2,52
Люпин (1,0) + суданская трава (1,5)	<u>0,62</u> –	<u>0,44</u> 1,41	<u>0,22</u> 2,86
Люпин (1,0) + суданская трава (2,0)	<u>0,42</u> –	<u>0,27</u> 1,56	<u>0,22</u> 1,92
Люпин (1,0) + просо (2,0)	<u>0,46</u> –	<u>0,30</u> 1,55	<u>0,22</u> 2,12
Люпин (1,0) + просо (2,5)	<u>0,33</u> –	<u>0,25</u> 1,31	<u>0,17</u> 1,96
Люпин (1,0) + просо (3,0)	<u>0,29</u> –	<u>0,23</u> 1,25	<u>0,16</u> 1,86

Примечание: числитель – коэффициент перехода, Бк/кг : кБк/м²; знаменатель – кратность снижения, раз

Основным источником поступления радиоактивных веществ в организм животных является корм (более 90 %), основу которого для сельскохозяйственных животных составляют растения, и в значительно меньшей степени – вода (Корнеев и др., 1977; Козьмин и др., 1991; Козьмин, Епимахов, 2015). К сожалению, набор приемов, способствующих уменьшению перехода радионуклидов из корма и воды в продукты животноводства, весьма ограничен. Практически он сводится к двум мероприятиям: правильному составлению рационов и включению в рацион добавок и препаратов, препятствующих такому переходу (Исамов, Н.Н.(мл.) и др., 2013; Губарева и др., 2017; Исамов и др., 2017; Губарева и др., 2018; Исамов и др., 2018). Поэтому ограничение перехода радионуклидов в системе почва → растение (корм) является важнейшим мероприятием по повышению производства – нормативно «чистой» продукции животноводства (молока) (Панов и др., 2011; Панов и др., 2015).

Плотность загрязнения ^{137}Cs территории в период исследований 2003-2008 годы колебалась в пределах 1221-1554 кБк/м². Нашими исследованиями установлено, что использовать пойменный луг для сенокоса без применения защитных мероприятий недопустимо, так как поедание грубого корма с таких угодий крупным рогатым скотом (КРС) приводит к получению молока с содержанием ^{137}Cs от 126 до 166 Бк/л в зависимости от мероприятий по улучшению заливного луга, которое не отвечает допустимому уровню содержания ^{137}Cs в молоке (100 Бк/л) установленное нормативом (Гигиенические требования..., 2002) (табл. 5.25).

Применение возрастающих доз минерального удобрения в условиях радиоактивно загрязненного заливного луга позволяет снизить перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства, что при дальнейшем его поедании приведет к получению молока с содержанием ^{137}Cs ниже допустимого уровня (табл. 4.25). Необходимо отметить, что при расчётах перехода ^{137}Cs из кормов в молоко учитывали только грубые корма, другие пути поступления ^{137}Cs в молоко, такие как с водой, концентрированными и сочными кормами и другие пути поступления не учитывали, поэтому в производственных условиях содержание ^{137}Cs в молоке будет еще больше.

Таблица 5.25 – Удельная активность ^{137}Cs молока при использовании грубых кормов в кормлении КРС, полученных при луговом кормопроизводстве при применении полного минерального удобрения, Бк/л, среднее за 2003-2008 гг.

Вариант	Естественный травостой		Сеяный травостой			
			поверхностное улучшение		коренное улучшение	
	укос 1	укос 2	укос 1	укос 2	укос 1	укос 2
Контроль	138	166	128	131	126	128
$\text{P}_{90}\text{K}_{120}$	19	21	18	21	14	16
$\text{P}_{120}\text{K}_{180}$	6	7	6	7	4	5
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$	62	77	62	62	50	57
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$	15	18	15	16	15	16
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$	8	9	9	9	7	8
$\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{180}$	19	25	19	23	18	20
$\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{270}$	9	8	8	9	6	7
$\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{360}$	4	5	3	4	3	3

Плотность загрязнения ^{137}Cs территории в период исследований 2009-2014 годы колебалась в пределах 559-867 кБк/м². Нашими исследованиями установлено, что использовать пойменный луг для сенокоса без применения защитных мероприятий недопустимо, так как поедание грубого корма крупным рогатым скотом (КРС) приводит к получению молока с содержанием ^{137}Cs от 112 до 119 Бк/л в зависимости от мероприятий по улучшению заливного луга, которое не отвечает допустимому уровню содержания ^{137}Cs в молоке (100 Бк/л) установленное нормативом (Гигиенические требования..., 2002) (табл. 5.26).

Применение возрастающих доз минерального удобрения в условиях радиоактивно загрязненного заливного луга позволяет снизить перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства, что при дальнейшем его поедании приведет к получению молока с содержанием ^{137}Cs ниже допустимого уровня (табл. 4.26).

Необходимо отметить, что в расчетах брали норму корма при скармливании 5 кг, поэтому в зависимости от увеличения или снижения нормы корма при скармливании будет также изменяться и удельная активность ^{137}Cs молока в сторону уменьшения или увеличения.

Таблица 5.26 – Удельная активность ^{137}Cs молока при использовании грубых кормов в кормлении КРС, полученных при луговом кормопроизводстве при применении полного минерального удобрения, Бк/л, среднее за 2009-2014 гг.

Вариант	Естественный травостой		Сеяный травостой			
			поверхностное улучшение		коренное улучшение	
	укос 1	укос 2	укос 1	укос 2	укос 1	укос 2
Контроль	116	112	119	115	117	118
$\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	23	23	18	18	23	20
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	17	17	16	16	16	15
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	66	65	62	59	56	52
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	39	39	34	32	28	28
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$	22	18	20	21	18	17
$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	25	25	24	24	21	21
$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$	16	19	14	15	15	17
$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	12	14	11	12	12	13

Плотность загрязнения ^{137}Cs территории исследования различалась, наибольшую наблюдали на пойменном лугу, она была в среднем 715 кБк/м^2 . Нашими исследованиями установлено, что использовать пойменный луг для сенокоса без применения защитных мероприятий недопустимо, так как поедание грубого корма крупным рогатым скотом (КРС) приводит к получению молока с содержанием ^{137}Cs от 117 до 147 Бк/л в зависимости от вида кормовой культуры, которое не отвечает допустимому уровню содержания ^{137}Cs в молоке (100 Бк/л) установленное нормативом (Гигиенические требования..., 2002 (табл. 5.27).

Применение полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$ в условиях радиоактивно загрязненного заливного луга позволяет снизить переход радионуклида в грубые корма, в результате чего поедание корма ведет к получению молока с содержанием ^{137}Cs от 60 до 66 Бк/л в зависимости от вида поедаемой культуры, полученное молоко соответствует нормативу по содержанию ^{137}Cs в нем (табл. 5.27). Необходимо отметить, что при расчётах перехода ^{137}Cs из кормов в молоко учитывали только грубые корма, другие пути поступления ^{137}Cs в молоко, такие как с водой, концентрированными и сочными кормами и другие пути

поступления не учитывали, поэтому в производственных условиях содержание ^{137}Cs в молоке буде еще больше.

Таблица 5.27 – Удельная активность ^{137}Cs молока при использовании грубых кормов в кормлении КРС, полученных при луговом кормопроизводстве при применении полного минерального удобрения, Бк/л

Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый
Контроль	147	143	117
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	66	61	60
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	42	41	36
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	23	22	20
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	24	23	22
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	15	15	13
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	14	14	12

Наблюдали дальнейшее снижение содержание ^{137}Cs в молоке вне зависимости от вида поедаемой культуры при увеличении применения доз калийного в полном минеральном удобрении при ведении лугового кормопроизводства. Минимальное содержание ^{137}Cs в молоке от 12 до 14 Бк/л наблюдали при использовании грубых кормов полученных при применении полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ (табл. 5.27).

Сравнивая плотности загрязнения ^{137}Cs территории исследования установили, что на пойменной и дерново-подзолистой песчаной почвах она сопоставима соответственно в среднем 715 и 850 кБк/м². При этом использовать пойменный луг для сенокоса без применения защитных мероприятий недопустимо, так как поедание грубого корма с таких угодий животными приводит к получению продукции животноводства не отвечающему допустимому уровню по содержанию ^{137}Cs в молоке, а использование полевого агроценоза для кормопроизводства допустимо (табл. 5.28).

Применение фосфорно-калийного удобрения в дозах предусмотренных программой исследования на заливном лугу способствует уменьшению перехода

^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства, и вследствие этого снижению его содержания в продукции животноводства до допустимого уровня 17-23 Бк/кг.

Таблица 5.28 – Удельная активность ^{137}Cs молока при использовании грубых кормов в кормлении КРС, полученных при луговом и полевом кормопроизводстве при применении фосфорно-калийного (калийного) удобрения, Бк/л

Культура Вариант	Ежа сборная		Овсяница луговая	Двукисточник тростниковый	
Пойменная дерновая оглееная почва, среднее 2009-2011 годы					
Контроль	147		143	117	
P ₆₀ K ₄₅	22		23	22	
P ₆₀ K ₆₀	18		17	19	
Дерново-подзолистая песчаная почва, среднее 2011-2013 годы					
Культура Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо
Контроль	34	14	17	12	16
K ₁₈₀	18	9	12	9	10
K ₂₁₀	14	6	7	7	6
Дерново-подзолистая супесчаная почва, среднее 2013-2015 годы					
Культура Вариант	Люцерна изменчивая		Кострец безостый	Тимофеевка луговая	
Контроль	18		11	11	
P ₆₀ K ₆₀	8		6	5	
P ₆₀ K ₇₅	7		4	5	
P ₆₀ K ₉₀	6		4	4	
P ₆₀ K ₁₀₅	5		3	3	

В полевом кормопроизводстве применение калийного и фосфорно-калийного удобрения в дозах, предусмотренных программой исследования на дерново-подзолистой песчаной и супесчаной почвах, способствует уменьшению перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства, и вследствие этого снижению его содержания в молоке до допустимого уровня соответственно 6-14 и 4-7 Бк/кг в зависимости от культуры используемой на корм.

Установили, что в отдаленный период после аварии на ЧАЭС остаётся вероятность получения продукции животноводства, превышающий допустимый уровень по содержанию ^{137}Cs , особенно это касается заливных лугов.

Нашими исследованиями установлено, что использовать смешанные посевы в полевых агроценозах для получения сена и использование его в кормлении КРС приводит к получению молока с содержанием ^{137}Cs от 7 до 30 Бк/л в зависимости от соотношения мятликового и бобового компонента в посеве и применения доз калийного удобрения, полученное молоко при скармливании полученных кормов отвечает допустимому уровню содержания ^{137}Cs (табл. 5.29).

Нами установлено, что с увеличением мятликового компонента в смешанном посеве происходило снижение перехода ^{137}Cs в корма и дальнейшее снижение его перехода в продукцию животноводства, применение калийного удобрения усиливало этот эффект, минимальное содержание ^{137}Cs в молоке от 7 до 8 Бк/л обнаружили при скармливании воздушно-сухой массы смешанных посевов, при применении калийного удобрения в дозе K_{210} и наибольшем соотношении мятликового к бобовому компоненту (табл. 5.29).

В отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС при использовании радиоактивно загрязненной территории юго-запада Брянской области для лугового и полевого кормопроизводства необходимо подбирать кормовые культуры с наименьшим накоплением ^{137}Cs в воздушно-сухой массе, наши исследования показывают, что на заливных лугах необходимо возделывать двухкосточник тростниковый, в полевых агроценозах – тимopheевку луговую и суданскую траву.

Основным фактором снижения удельной активности ^{137}Cs грубых кормов явились калийные удобрения, которые значимо влияли на изменчивость удельной активности ^{137}Cs корма.

Переход ^{137}Cs в грубые корма зависел от биологических особенностей кормовых культур, уровня применения калийного удобрения и почвенных условий. В наших исследованиях установлено, что максимальный переход ^{137}Cs из почвы от 3,26 до 4,11 Бк/кг : кБк/м² происходил в условиях заливного луга, где он был в разы меньше, чем в полевом агроценозе, при этом бобовые кормовые культуры в большей степени накапливали радионуклиды.

Таблица 5.29 – Удельная активность ^{137}Cs молока при использовании грубых кормов в кормлении КРС, полученных при полевом кормопроизводстве с применением калийного удобрения, Бк/л

Культура (норма высева, млн. шт./га)	Контроль	K_{180}	K_{210}
Люпин (1,0) + овёс (1,5)	30	15	12
Люпин (1,0) + овёс (2,5)	24	16	10
Люпин (1,0) + овёс (3,5)	17	13	8
Люпин (1,0) + райграс (1,5)	27	17	12
Люпин (1,0) + райграс (2,5)	24	16	12
Люпин (1,0) + райграс (3,0)	21	15	10
Люпин (1,0) + суданская трава (1,0)	29	20	11
Люпин (1,0) + суданская трава (1,5)	27	19	9
Люпин (1,0) + суданская трава (2,0)	18	11	9
Люпин (1,0) + просо (2,0)	20	13	9
Люпин (1,0) + просо (2,5)	14	11	7
Люпин (1,0) + просо (3,0)	12	10	7

В настоящее время сохраняется вероятность получения продукции животноводства с содержанием ^{137}Cs выше норматива при использовании пойменных лугов с плотностью загрязнения ^{137}Cs больше 850 кБк/м^2 , при этом применение калийного удобрения позволяет возвращать кормовые угодья в сельскохозяйственный оборот.

ГЛАВА 6. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

6.1. Современное состояние плодородия почв Брянской области

Территория Брянской области характеризуется высоким разнообразием и разнородностью почвенного покрова. Она принадлежит к одной почвенно-биоклиматической области, которая определяет общие закономерности генезиса и распределения почв, при этом геологические и геоморфологические особенности обуславливают сложную дифференциацию распределения почв по территории (Воробьев, 1993).

По данным Г.Т. Воробьева (1993) основным типом почв Брянской области являются подзолистые, подтип дерново-подзолистые, на долю которых приходится около 60% территории сельскохозяйственных угодий, на долю серые лесные – около 20 %, а на долю пойменных почв – около 10%.

Главным условием повышения продуктивности кормовых угодий является повышение почвенного плодородия (Воробьев и др., 1995; Прудников и др., 2007; Чекмарев, Прудников, 2016). Содержание $C_{орг.}$ в почве является одним из первостепенных показателей оценки почвенного плодородия. Гумус – основной критерий оценки возможного плодородия почв (Панников, Минеев, 1987; Семенов, Когут, 2015).

В настоящее время средневзвешенное содержание гумуса пашни Брянской области 2,06 %, при этом на долю пахотных почв с очень низким и низким содержанием гумуса приходится 43 % территории пашни, на этой территории складывается неблагоприятная обстановка. На долю пахотных почв с повышенным и высоким содержанием гумуса приходится 22 % территории пашни (рис. 6.1).

Необходимо отметить, что главным образом дерново-подзолистые почвы легкого гранулометрического состава входят в группы с очень низким и низким содержанием гумуса, а серые лесные – с повышенным и высоким.

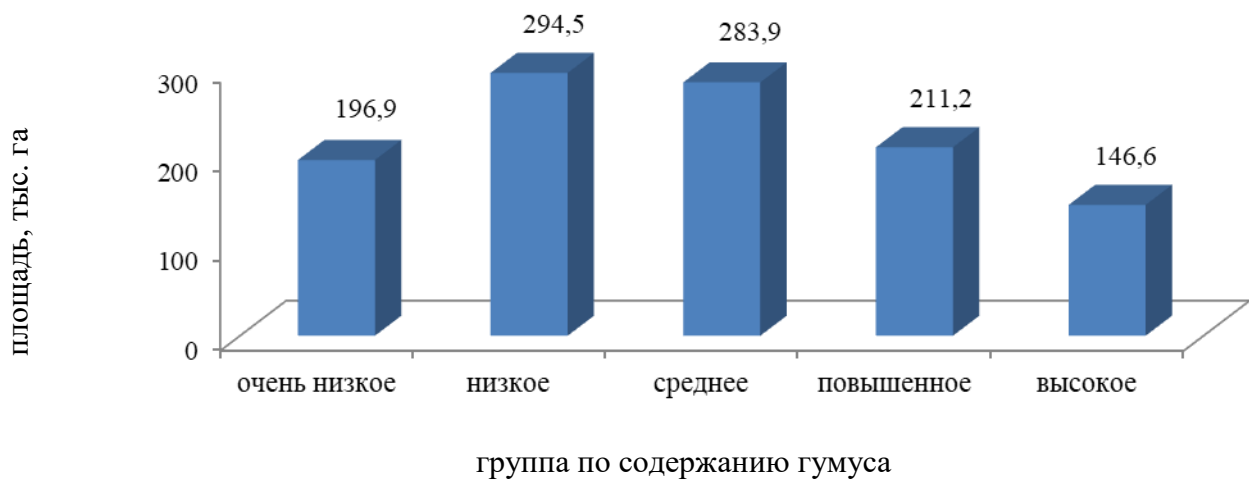


Рисунок 6.1 – Распределение почв Брянской области по содержанию гумуса

Для повышения содержания гумуса необходимо регулировать пищевой режим почв, который осуществляется по средством научно-обоснованного выбора системы удобрения, куда обязательно должны входить местные удобрения (навоз, солома, компост), пожнивные и корневые остатки однолетних и многолетних кормовых культур, минеральные удобрения и известковые материалы, а также микроудобрения (Белоус и др., 2012; Сычёв и др., 2012).

Кислотность почв является важной характеристикой плодородия почв, которая существенно участвует в формировании продуктивности сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственные культуры лучше растут и развиваются при рН солевой вытяжки почвы 5,6-7,0, следовательно, дают наибольшую и стабильную урожайность.

Высокая кислотность почв отрицательно действует на продуктивность сельскохозяйственных культур, ограничивает возможность возделывания высокопродуктивных сортов, снижает эффект от применения минерального удобрения.

В настоящее время средневзвешенная кислотность (pH_{KCl}) пашни Брянской области 5,70 ед., сенокосов и пастбищ соответственно 5,45 и 5,47 ед. На долю пахотных почв с сильнокислой и среднекислой реакцией почвенной среды приходится 14 % территории пашни, на долю сенокосов и пастбищ с сильнокислой и среднекислой реакцией почвенной среды приходится 33 % территории, на них складывается неблагоприятная обстановка. На долю пахотных почв с близко нейтральной и нейтральной реакцией почвенной среды приходится 63 % террито-

рии пашни, на долю сенокосов и пастбищ с близко нейтральной и нейтральной реакцией почвенной среды приходится соответственно 47 и 50 % (рис. 6.2).

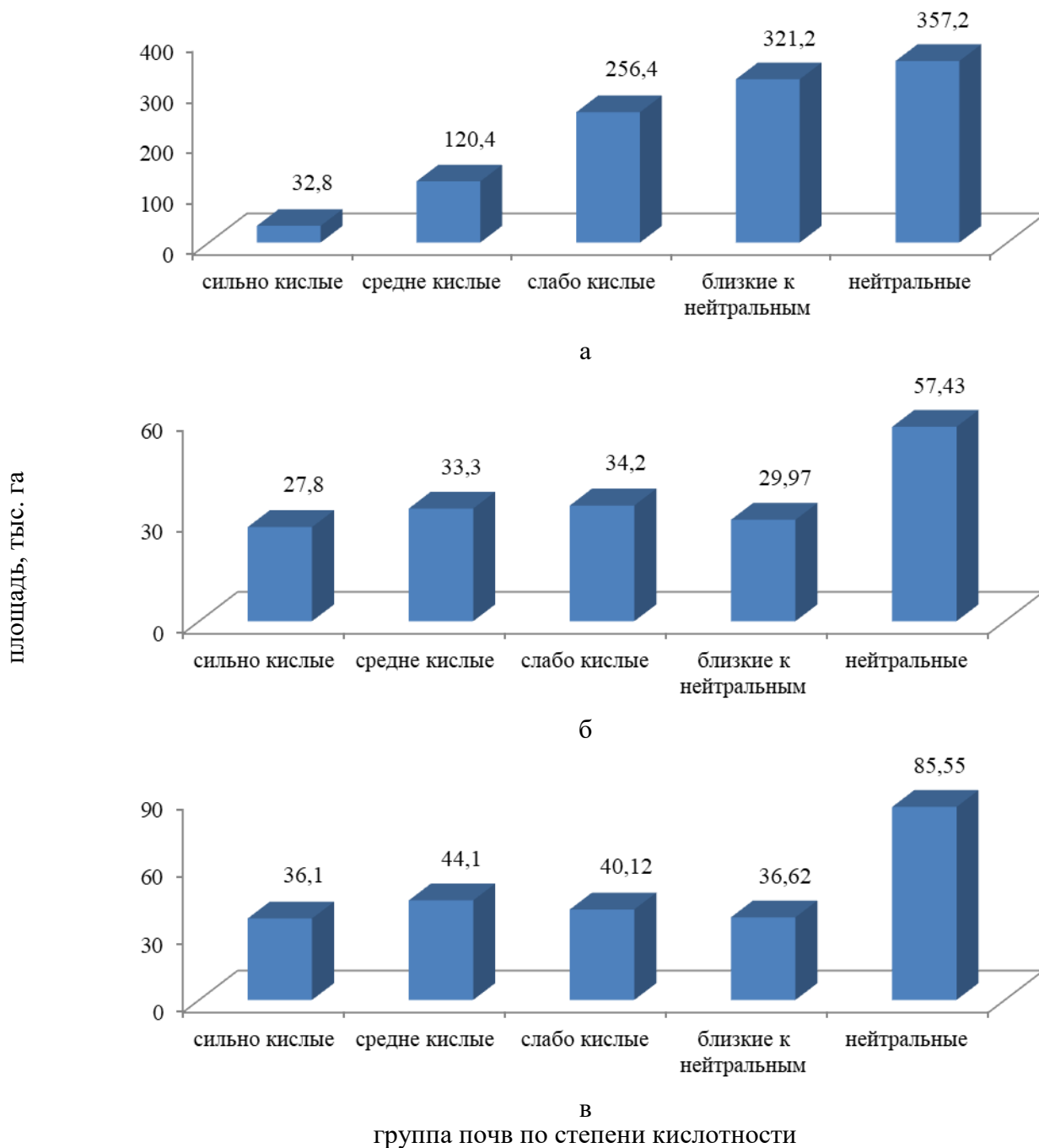


Рисунок 6.2 – Распределение почв Брянской области по обменной кислотности: а – пашня, б – сенокосы, в – пастбища

В настоящее время почвы с кислой реакцией среды в Брянской области располагаются на 409,6 тыс. га пашни, 95,3 тыс. га – сенокосы, 120,32 тыс. га пастбищ.

Развитие почв в условиях промывного водного режима приводит к постоянному подкислению почвенного раствора, вследствие естественных природных

процессов, которое происходит в дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, поэтому применение известкования и фосфоритования должны быть неперенными агрохимическими приемами (Белоус, 1997; Шильников и др., 2008; Бакина и др., 2014).

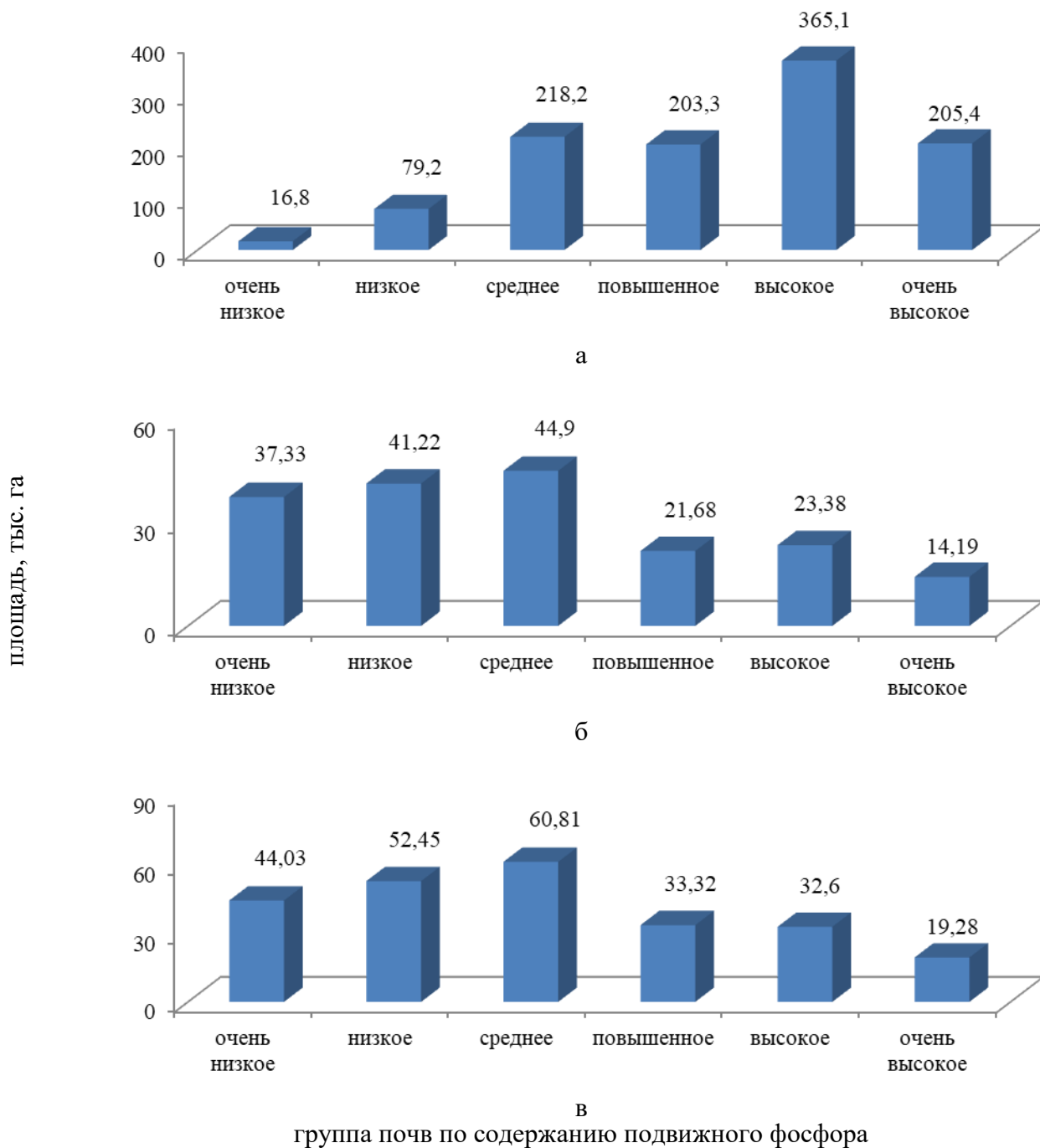


Рисунок 6.3 – Распределение почв Брянской области по содержанию подвижного фосфора: а – пашня, б – сенокосы, в – пастбища

Современное растениеводство невозможно без применения фосфорных удобрений, без которых невозможно получать стабильно высокую урожайность

сельскохозяйственных культур. Научными исследованиями доказана существенная зависимость роста урожайности при повышении в почве доступных форм фосфатов. Поэтому необходимо использование фосфорных удобрений, но с учетом баланса фосфора в почве. Главный показатель обеспеченности почв фосфором это его содержание в подвижной форме (Кирпичников и др., 2002; Сычев, Кирпичников, 2009).

В настоящее время средневзвешенное содержания подвижного фосфора пашни Брянской области 160 мг/кг, сенокосов и пастбищ соответственно 89 и 91 мг/кг. На долю пахотных почв с пониженным содержанием (менее 100 мг/кг) приходится 29 % территории пашни, на долю сенокосов и пастбищ с пониженным содержанием (менее 100 мг/кг) приходится соответственно 68 и 65 %, на этих территориях складывается неблагоприятная обстановка в отношении содержания доступных для растения форм фосфора (рис. 6.3).

В последние годы наметилась тенденция снижения этого показателя, особенно это касается сенокосов и пастбищ, она связана со снижением объемов применения фосфорного удобрения и проведения фосфоритования.

Значение калия в растениеводстве очень велико, он выполняет множество функций в растении, усиливает процесс фотосинтеза, активизирует передвижение элементов питания из листьев в различные органы растения, повышает ассимиляцию углекислого газа, увеличивает результативность азота при выращивании кормовых культур, способствует накоплению питательных веществ в запасных органах растений, уменьшает действия грибковых болезней на растения, благоприятствует образованию белков, уменьшает накопление растениями радионуклидов. Поэтому калий является одним из основных элементов питания, и основное его количество растения получают из почвенного раствора (Прокошев, 2002; Иванов и др., 2009; Якименко, 2009).

Главный источник калийного питания растений это обменная форма калия в почве, поэтому она представляет наибольший интерес в агрохимии.

Почвенный покров Брянской области, в основном, представлен почвами с легким гранулометрическим составом, легкосуглинистые, супесчаные и песчаные,

в которых естественные запасы калия очень низкие, поэтому на них отмечается высокий эффект от применения калийного удобрения (Воробьев, 1993). В юго-западных районах Брянской области складывается неблагоприятная обстановка по содержанию обменного калия, доля таких территорий более 70 %.

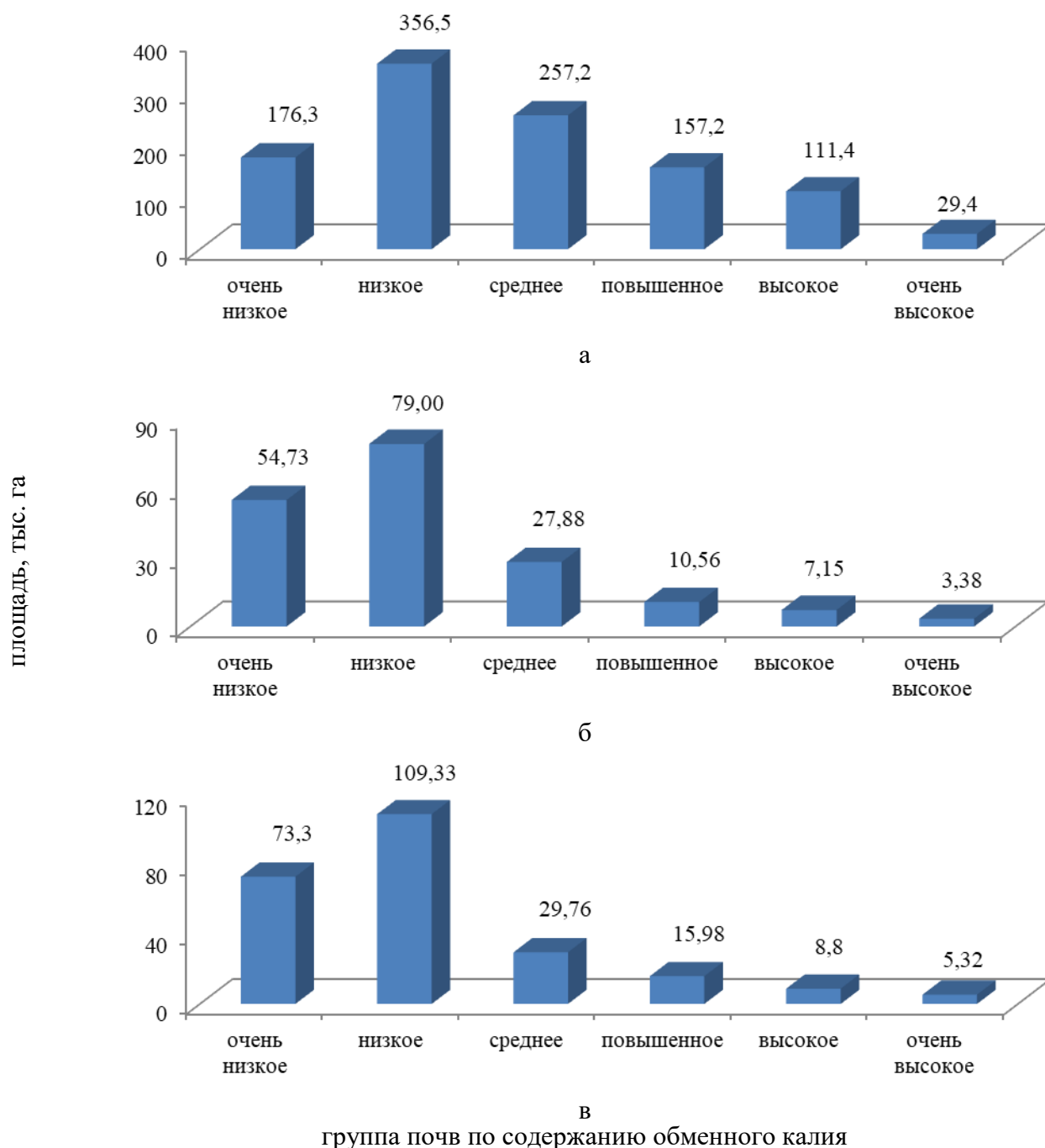


Рисунок 6.4 – Распределение почв Брянской области по содержанию обменного калий: а – пашня, б – сенокосы, в – пастбища

Особую актуальность калийное питание растений приобретает в условиях радиоактивного загрязнения территории, когда наблюдаются антагонистические

отношения калия и цезия, когда только высокие дозы калийного удобрения способны снизить переход радионуклида в продукцию растениеводства (Юриков и др., 2007; Белова и др., 2009; Коренев, Воробьева, 2016).

В настоящее время средневзвешенное содержание обменного калия пашни Брянской области 98 мг/кг, сенокосов и пастбищ соответственно 67 и 71 мг/кг. На долю пахотных почв с пониженным содержанием обменного калия (менее 80 мг/кг) приходится 49 % территории пашни, на долю сенокосов и пастбищ с пониженным содержанием обменного калия (менее 80 мг/кг) приходится соответственно 73 и 75 %, на этих территориях складывается неблагоприятная обстановка в отношении содержания доступных для растения форм калия (рис. 6.4).

Анализ показателей плодородия почв кормовых угодий выявил, что ведение кормопроизводства в условиях полевых и луговых агроценозов ограничивается содержанием в почвах гумуса и обменного калия, а также кислотностью. Это не позволяет в полной мере использовать потенциал климатических ресурсов региона. Решением данных проблем является применение органических и минеральных удобрений, а также известковых материалов, что будет способствовать повышению плодородия почв и позволит получать стабильно высокий урожай кормовых культур, в обстановке радиоактивного загрязнения территории, с допустимым содержанием ^{137}Cs в кормах.

6.2. Почвенно-агрохимическая характеристика территории исследований

Территория Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции представлена типичными почвами юго-запада Брянской области, изменение агрохимических и радиологических характеристик позволяет сделать выводы об изменении почвенного плодородия в целом региона и предложить как мероприятия по воспроизводству плодородия почв, так и реабилитации радиоактивно загрязненной территории.

Почвенный покров территории Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции представлен дерново-подзолистой песчаной почвой площадью 181 га, дерново-подзолистой супесчаной почвой площадью 242 га и аллювиаль-

ной луговой слоистой супесчаной почвой площадью 193 га. В структуре сельскохозяйственных угодий дерново-подзолистые почвы (423 га) принадлежат пашни, а пойменные почвы (193 га) – сенокосам и пастбищам. По данным Г.Т. Воробьева (1993) на долю данных почв приходится около 25 % площади сельскохозяйственных территорий Брянской области, в юго-западных районах данные почвы преобладают в почвенном покрове.

Анализ состояния кислотности почв сенокосов и пастбищ выявил, что средневзвешенный показатель pH_{KCl} , в целом, по землепользованию был равен 5,39 ед. (табл. 6.1.).

Таблица 6.1 – Распределение почв кормовых угодий по обменной кислотности

Почва	Кислотность почв (pH_{KCl}), ед.					Средневзвешенная величина pH_{KCl} , ед.
	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	> 6,0	
Аллювиальная луговая слоистая супесчаная	$\frac{18}{9}$	$\frac{72}{37}$	Нет	$\frac{69}{36}$	$\frac{34}{18}$	5,39

Примечание: числитель – площадь почв соответствующей группе, га; знаменатель – удельный вес данной почвы в сельскохозяйственных угодьях, %.

На долю кормовых угодий с сильно-, средне- и слабокислой реакцией почвенного раствора – 47 % территории хозяйства или 90 га, на этих территориях складывается неблагоприятная обстановка. На долю сенокосов и пастбищ с близко нейтральной и нейтральной реакцией почвенного раствора приходится 53 % (табл. 6.1).

Необходимо отметить, что для разных видов сельскохозяйственных культур существует определенная наиболее благоприятная для его роста и развития реакция почвенной среды.

В сложившихся условиях актуальным является применение известковых материалов, особенно местных карбонат содержащих (Прудников, 2007), которые не только снизят кислотность, но и уменьшат переход радионуклидов в продукцию кормопроизводства.

Анализ содержания подвижного фосфора почв землепользования выявил, что по этому показателю почвы кормовых угодий находятся в группе с очень вы-

соким содержанием более 250мг/кг, средневзвешенное содержание подвижного фосфора – 468 мг/кг. Доля почв кормовых угодий с оптимальным содержанием подвижного фосфора – 100 % территории хозяйства или 193 га (табл. 6.2).

Таблица 6.2 – Распределение почв сельскохозяйственных угодий по содержанию подвижного фосфора

Почва	P ₂ O ₅ , мг/кг		Средневзвешенное P ₂ O ₅ , мг/кг
	151-250	> 250	
Аллювиальная луговая слоистая супесчаная	Нет	$\frac{193}{100}$	468

Примечание: числитель – площадь почв соответствующей группе, га; знаменатель – удельный вес данной почвы в сельскохозяйственных угодьях, %.

Почвообразующие породы, содержащие большое количество фосфора, сформировали территории почв кормовых угодий с высоким содержанием подвижного фосфора, а также периодическое фосфоритование пострадавших естественных кормовых угодий в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Анализ содержания обменного калия почв землепользования установил, что по этому показателю почвы находятся в группе со средним содержанием, средневзвешенная величина содержания обменного калия – 88 мг/кг, (табл. 6.3.).

Таблица 6.3 – Распределение почв кормовых угодий по содержанию обменного калия

Почва	K ₂ O, мг/кг						Средневзвешенное K ₂ O, мг/кг
	< 40	41 - 80	81 - 120	121 - 170	171 - 250	> 250	
Аллювиальная луговая слоистая супесчаная	Нет	$\frac{103}{53}$	$\frac{64}{33}$	$\frac{26}{12}$	Нет	Нет	88

Примечание: числитель – площадь почв соответствующей группе, га; знаменатель – удельный вес данной почвы в сельскохозяйственных угодьях, %.

Территория хозяйства на которой складывается неблагоприятная обстановка по низкому содержанию обменного калия составляет 53 % (табл. 6.3). Применение рекомендуемых норм калийных удобрений, с учетом обеспеченности

почв калием, обеспечит улучшение калийного режима почв кормовых угодий. При недостатке минеральных удобрений источником пополнения калия может служить заплата соломы растительных остатков бобовых культур.

Основным барьером поступление ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства на радиоактивно загрязнённых кормовых угодьях является калий, поэтому проблема низкого содержания обменного калия приобретает особую остроту на таких территориях (Прудников и др., 2006; Леонова, Прудников, 2014).

Анализ содержания гумуса почв кормовых угодий выявил, что средневзвешенный показатель содержания гумуса, в целом, по землепользованию был равен 2,02 %, данная величина находилась в группе – повышенное содержание (табл. 6.4).

Таблица 6.4 – Распределение почв сельскохозяйственных угодий по содержанию гумуса

Почва	Содержание гумуса, %					Средневзвешенное содержание гумуса, %
	< 1,0	1,1-1,3	1,4-1,7	1,8-2,4	> 2,4	
Дерново-подзолистая песчаная и супесчаная	Нет	$\frac{42}{10}$	$\frac{219}{52}$	$\frac{162}{38}$	Нет	1,69
Аллювиальная луговая слоистая супесчаная	Нет	$\frac{4}{2}$	$\frac{17}{9}$	$\frac{154}{80}$	$\frac{18}{9}$	2,02

Примечание: числитель – площадь почв соответствующей группе, га; знаменатель – удельный вес данной почвы в сельскохозяйственных угодьях, %.

На долю кормовых угодий с низким и средним содержанием гумуса приходится соответственно 2 и 9 % территории хозяйства, на этих территориях складывается неблагоприятная обстановка по данному показателю (табл. 6.4).

Из всех показателей агрохимических свойств почв, с которыми связана продуктивность сельскохозяйственных культур и которые влияют на состояние плодородия почв, максимальный интерес представляют свойства, которые контролируются агрохимической службой, к их числу относятся: содержание органического вещества, подвижного фосфора и обменного калия, а также показатель обменной кислотности.

Для полной и объективной оценки плодородия используют условные

показатели – индексы, так как свойства почв находятся на разном уровне и комплексная оценка уровня плодородия по отдельным агрохимическим показателям весьма затруднительна. Индексы выражены в относительных единицах (от 0,1 до 1,0), которые отражают степень соответствия требованиям растений к данному свойству почвы.

По результатам обследования почв территории Новозыбковской сельскохозяйственной опытной станции комплексный индекс окультуренности составил 0,94 единиц для почв сенокосов и пастбищ, что указывает на высокую степень окультуренности сельскохозяйственных угодий (табл. 6.5). Индекс окультуренности достиг такого уровня из-за высокого содержания фосфора в почве, при этом необходимо помнить закон минимума, по которому содержание калия будет ограничивать рост и развитие сельскохозяйственных культур, возделываемых на территории хозяйства, что впоследствии снизит их продуктивность и качество получаемой продукции.

Таблица 6.5 – Комплексная агрохимическая характеристика почв сенокосов и пастбищ

Агрохимический показатель	Фактическая величина	Оптимальный уровень	Индекс окультуренности
Обменная кислотность, ед	5,39	6,00	0,90
Содержание P_2O_5 , мг/кг	468	260	1,80
Содержание K_2O , мг/кг	88	220	0,40
Содержание гумуса, %	2,02	3,00	0,67

Для поддержания оптимального уровня агрохимических свойств необходимо ежегодно выделять поля для проведения комплекса агрохимических мероприятий, направленных на увеличение содержания в почвах сельскохозяйственных угодий основных питательных элементов, руководствуясь при этом результатами агрохимического обследования.

Для ведения агропромышленного производства на загрязнённых территориях необходима объективная оценка уровней радиоактивного изменения под влиянием хозяйственной деятельности человека и естественного распада радионуклидов.

В отдаленный период после аварии на ЧАЭС радиационная обстановка на почвах сельскохозяйственных угодий изменилась в лучшую сторону. Изменения произошли вследствие проведения комплекса агротехнических мероприятий в 1987-1990 годы, частично на снижение радионуклидов повлияли миграционные процессы, а в настоящее время в большей степени снижение происходит за счёт естественного распада (Панов и др., 2016; Панов и др., 2019)

В связи с этим возникает необходимость уточнения радиоэкологической ситуации в загрязнённой зоне.

Результаты радиологического картирования почв сельскохозяйственных угодий в 2009 году выявили, что за период между годами обследования с 1993 по 2009 годы произошли изменения в радиационной обстановке территории (табл. 6.6).

Таблица 6.6 – Динамика радиационной обстановки на сенокосах и пастбищах угодьях за период 1993-2009 годы

Показатель		Сенокосы и пастбища, га			
		1993	1998	2003	2009
Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²	до 37	–	–	–	–
	37-185	–	–	–	–
	185-555	–	$\frac{13}{7}$	$\frac{13}{7}$	$\frac{13}{7}$
	555-1480	$\frac{173}{100}$	$\frac{177}{93}$	$\frac{177}{93}$	$\frac{177}{93}$
	> 1480	–	–	–	–
Итого		173	190	190	190
Средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²		873,2	851	795,5	566,1

Нами с 1993 по 2009 годы выявлено постоянное снижение показателя средневзвешенной плотности загрязнения ^{137}Cs территории сенокосов и пастбищ с 873 до 566 кБк/м².

Анализируя перераспределение площадей почв по группам плотности загрязнения обнаружили, что на сенокосах и пастбищах 13 га почв с плотностью загрязнения 555-1480 кБк/м² перешли в группу до 185-555 кБк/м². Снижение уров-

ней загрязнения почв произошло, в основном, за счет естественного распада радионуклидов и частично хозяйственной деятельности человека.

Отсюда следует, что радиационная обстановка в целом по хозяйству улучшается, но до кардинальных изменений еще далеко, а получение нормативно чистой продукции будет зависеть от уровня выполнения реабилитационных мероприятий.

Таким образом, если рассматривать почвы сенокосов и пастбищ в условиях исследования, то, необходимо отметить, что по естественному плодородию аллювиальная луговая слоистая супесчаная почва более плодородна зональных почв региона (Воробьев и др., 1995), при этом радиационная обстановка на сенокосах и пастбищах более сложна в получении продукции кормопроизводства с допустимым содержанием радионуклидов. Поэтому нами особое внимание было уделено почвам сенокосов и пастбищ, территории с наибольшим возможным риском получения кормов с содержанием ^{137}Cs выше норматива.

6.3. Агрохимические показатели плодородия почв поймы р. Ипуть

Пойменным почвам принадлежит особое место среди различных почв, они по своему происхождению и характеристикам, а также по использованию в процессе хозяйствования сильно отличаются от почв водораздельных территорий. Для сельскохозяйственного производства почвы пойм представляют значительную ценность, при этом они занимают небольшие пространства (Балабко и др., 2016; Dobrovol'ski et al., 2011; Oreshkin et al., 2000).

Пойменные почвы и располагающиеся на них естественные кормовые угодья, которые представляют большую ценность, они являются базой для производства кормов, которые используются в кормлении КРС с целью получения молочных продуктов для снабжения городов и промышленных центров (Добровольский, 2005), радиоактивное загрязнение обширной территории в значительной степени осложняется процесс кормопроизводства (Белоус и др., 2019; Prosyannikov et al., 2000; Aleksakhin et al., 2006).

Обширные земельные ресурсы и сильная кормовая база Нечерноземной зоны России даёт все возможности для ускоренного развития молочного и мясного животноводства (Трофимов и др., 2010; Просянных и др., 2012; Чирков, Дробышевская, 2016), в условиях радиоактивного загрязнения территории искусственными долгоживущими радионуклидами особую важность приобретает кормопроизводство, когда выведенных из сельскохозяйственного оборота в результате выпадения на них чернобыльских осадков территории, требуют возврат в производство нормативно чистых кормов (Белоус, 2016; Панов и др., 2019; Цыбулько и др., 2020; Aleksakhin, 2009).

Нами обнаружено, что содержание подвижных форм фосфора в аллювиальной почве прирусловой поймы с глубиной снижалось с 100 до 34 мг/кг, при этом изменения были значительны ($V = 54 \%$). Наблюдали аналогичную тенденцию снижения и в почве центральной поймы, но изменения показателя было среднее, в почве притеррасной поймы наблюдали обратное явление, увеличение содержания фосфора с глубиной, изменения показателя носили средний характер ($V = 17 \%$).

Нами выявлено, что содержание обменного калия в почве прирусловой, центральной и притеррасной частей поймы с глубиной снижалось, при этом изменения были значительны ($V = \text{от } 56 \text{ до } 101 \%$) (табл. 6.7).

Обменная кислотность по слоям в пределах корнеобитаемого слоя изменялась незначительно, данное явление наблюдали во всех исследуемых почвах поймы р. Ипуть.

Содержание органического вещества по слоям через 5 см в пределах корнеобитаемого слоя изменялось значительно ($V = \text{от } 34 \text{ до } 42 \%$), наблюдали во всех исследуемых почвах поймы р. Ипуть снижение данного показателя.

Содержание кальция по слоям через 5 см в пределах корнеобитаемого слоя изменялось незначительно ($V = 9 \%$) в почве прирусловой части поймы, для почвы центральной части поймы характерно значительное снижение этого показателя, а для притеррасной части поймы – среднее.

Содержание магния по слоям через 5 см в пределах корнеобитаемого слоя изменялось значительно ($V =$ от 39 до 57 %), данное явление наблюдали во всех исследуемых почвах поймы р. Ипуть (табл. 5.7).

Таблица 6.7 – Изменение показателей почвенного плодородия по слоям в пределах корнеобитаемого слоя

Слой почвы, см	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	pH _{KCl}	Органическое вещество
	мг / кг		ммоль / 100 г		ед.	%
Аллювиальная дерновая кислая слоистая примитивная укороченная супесчаная почва						
0 – 5	100	181	5,38	1,63	4,38	4,37
5 – 10	60	125	6,38	1,25	3,94	5,28
10 – 15	35	65	6,13	1,00	4,00	3,95
15 – 20	34	36	5,38	0,50	4,15	2,13
V, %	54	63	9	43	5	34
Аллювиальная луговая кислая маломощная укороченная среднесуглинистая почва						
0 – 5	137	347	17,50	2,50	4,07	10,60
5 – 10	102	110	11,13	1,00	3,88	8,09
10 – 15	123	69	9,63	0,88	4,01	6,28
15 – 20	101	34	11,00	1,00	4,57	3,64
V, %	15	101	29	57	7	41
Аллювиальная перегнойно-болотная тяжелосуглинистая почва						
0 – 5	253	219	19,58	2,75	4,24	16,85
5 – 10	348	118	21,88	2,63	4,30	11,12
10 – 15	380	85	15,13	1,00	4,43	7,70
15 – 20	374	67	19,88	1,85	4,48	7,01
V, %	17	56	15	39	3	42

Показатели плодородия пойменных почв формируются за счет климатических условий, растительности, гидрологии, геоморфологии, литологии территории юго-запада Брянской области (табл. 6.8). Содержание органического вещества возрастало в 2,7 раза от прирусловой к притеррасной подсистеме поймы реки

Ипуть. Подобную закономерность трансформации наблюдали при изменении содержания обменных кальция и магния.

Кислая реакция почвенного раствора колеблется в пределах от 4,12 до 5,36 ед. в зависимости от местоположения почвы в пойменном ландшафте, природно-климатических условий юго-западной части Брянской области формируют почвы с кислой реакцией среды.

Таблица 6.8 – Показатели плодородия почв поймы р. Ипуть (слой 0-20 см)

Органическое вещество	pH _{KCl}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg
%	ед.	мг / кг почвы		ммоль / 100 г почвы	
Аллювиальная дерновая кислая слоистая примитивная укороченная супесчаная почва (P16)					
3,93	4,12	57	102	5,82	1,10
Аллювиальная луговая кислая маломощная укороченная среднесуглинистая почва (P14)					
7,15	4,13	116	140	12,32	1,35
Аллювиальная перегнойно-болотная тяжелосуглинистая почва (P13)					
10,67	4,36	339	122	19,12	2,06

В притеррасной части поймы реки Ипуть выявили очень высокое 339 мг/кг содержание подвижного фосфора, наблюдали тенденцию его возрастания от прирусловой к притеррасной части поймы. В прирусловой подсистеме поймы установили самые низкие значения обменного калия – 57 мг/кг

Обнаружили, что максимальное содержание 140 мг/кг обменного калия было в почве центральной части поймы. В почве притеррасной поймы оно также было повышенное, а в прирусловой – среднее.

Проведенный в условиях юго-запада Брянской области мониторинг современного состояния радиоактивно загрязненных пойменных почв установил следующее, в пойме от прирусловой к центральной и далее к притеррасной подсистемам росло содержание органического вещества, подвижного фосфора, обменных кальция и магния; в центральной подсистеме исследуемого пойменного ландшафта выявили максимальное содержание обменного калия.

6.4. Содержание микроэлементов в аллювиальных почвах поймы р. Ипуть

Заливных лугах, представляя собой естественную фундаментальную базу животноводства, в юго-западной части Брянской области являются местом производства зеленых и грубых кормов (Косолапов, 2009; Бельченко и др., 2015). Территория юго-запада Брянской области в наибольшей степени пострадала в результате выпадения чернобыльских осадков, в том числе заливные луга (Харкевич и др., 2011; Шаповалов и др., 2014; Белоус, 2018), производство кормов на данной территории ведет к вероятности в получении продукции кормопроизводства, не соответствующей допустимому уровню содержания ^{137}Cs в ней (Ветеринарно-санитарные требования..., 2002; Панов и др., 2016). Для возврата территорий естественных кормовых угодий в сельскохозяйственный оборот, с целью ведения кормопроизводства на радиоактивно загрязненных заливных лугах необходимо проведение реабилитационных мероприятий – каливание и фосфоритование, известкование, проведение культуртехнических мероприятий (Просьянников и др., 2000; Косолапов, Трофимов, 2001; Алексин, 2016; Санжарова и др., 2016). Однако применение мероприятий по улучшению лугов ведет к антропогенному увеличению содержания химических элементов в ландшафтах пойм, поэтому весьма актуально изучение содержания и распределения химических элементов в почвах радиоактивно загрязненных заливных лугов.

Сложные и многообразные биогеохимических процессов обуславливают распределение микроэлементов в различных слоях почв, которые подчиняются определенным закономерностям (Протасова, Щербаков, 2004; Силаев и др., 2021).

В условиях промывного водного режима, на который накладываются пойменный и водозастойный водные режимы содержание микроэлементов в различных подсистемах пойменного ландшафта характеризуется сложностью и значительной пестротой. Гранулометрический и минералогический состав почв, особенности видового состава растительного покрова, длительностью поёмного процесса, расположением на рельефе формируют различные профили в аллювиальных почвах (Шиманская, Позняк, 2016).

В зависимости от глубины отбора образцов и генезиса почвы установили вариирование микроэлементов: Cu от 4,94 до 30,45; Ni от 0,00 до 25,88; Zn от 8,77 до 67,63; Mn от 118,60 до 857,16; Cr от 61,28 до 248,23; Cd от 0,04 до 4,60; Pb от 4,52 до 7,77; Co от 0,24 до 1,27; Mo от 0,02 до 1,20; As от 0,29 до 1,61 мг/кг (табл. 6.9).

Для аллювиальной перегнойно-болотной тяжелосуглинистой притеррасной подсистемы пойменного ландшафта выявили максимальные концентрации большинства микроэлементов (Ni, Zn, Mn, Cr, Co, Mo, As).

Для аллювиальной дерновой кислой слоистой примитивной укороченной супесчаной почвы прирусловой подсистемы характерны максимумы для Cu, Cd и Pb.

Таблица 6.9 – Валовое содержание микроэлементов в почвах поймы р. Ипуть, мг/кг

Микроэлемент	Мощность слоя, см				Коэффициент вариации, %	Кларки элементов (по Виноградову А.П.) в почвах мира, мг/кг
	0-5	5-10	10-15	15-20		
Аллювиальная дерновая кислая слоистая примитивная укороченная супесчаная почва (P16)						
As	1,14	0,64	0,44	1,07	41	5
Cu	30,45	15,37	4,94	21,51	59	20
Cr	147,99	71,91	101,37	129,81	30	200
Cd	0,37	0,10	0,29	4,60	162	0,5
Co	0,77	0,51	0,53	0,85	26	8
Ni	15,77	0,00	11,98	7,89	76	40
Zn	37,64	16,46	17,06	56,56	60	50
Mn	247,98	266,85	231,14	701,49	63	850
Mo	0,10	0,03	0,03	0,05	65	2
Pb	7,77	5,58	4,52	7,73	25	10
Аллювиальная луговая кислая маломощная укороченная среднесуглинистая почва (P14)						
As	0,32	0,95	0,70	0,80	39	5
Cu	5,23	10,84	15,22	23,34	56	20
Cr	76,43	154,95	122,11	142,32	28	200
Cd	0,07	0,30	0,24	0,31	48	0,5
Co	0,41	0,42	0,71	0,84	36	8
Ni	3,69	19,57	10,46	19,12	58	40
Zn	13,68	26,66	25,83	37,13	37	50
Mn	280,33	129,39	309,30	367,93	37	850
Mo	0,08	0,03	0,11	0,08	44	2
Pb	5,71	6,10	5,79	6,05	3	10
Аллювиальная перегнойно-болотная тяжелосуглинистая почва(P13)						
As	1,27	0,29	1,61	1,08	53	5
Cu	15,37	14,56	20,92	11,06	26	20
Cr	248,23	61,28	194,10	140,59	50	200
Cd	0,51	0,04	1,62	0,30	113	0,5
Co	1,26	0,24	1,27	0,62	60	8

Ni	19,12	12,69	25,88	9,00	45	40
Zn	56,48	8,77	67,63	17,41	77	50
Mn	857,16	148,93	726,43	118,60	83	850
Mo	0,09	0,02	0,05	0,12	68	2
Pb	7,06	4,68	7,51	6,56	19	10

Для почв притеррасной подсистемы пойменного ландшафта характерны минимальные значения концентраций большинства микроэлементов (Zn, Mn, Cr, Cd, Co, Mo, As), а для почв прирусловой подсистемы характерны минимумы для Cu, Ni и Pb (табл. 6.9).

В отдельных слоях почв соответствующих прирусловой и притеррасной подсистемам пойменного ландшафта р. Ипуть выявили превышение некоторых элементов кларка: в аллювиальной дерновой кислой слоистой примитивной укороченной супесчаной Cu в 1,5; Zn в 1,1; Cd в 9,2 раза, в аллювиальной перегнойно-болотной тяжелосуглинистой Cu в 1,05; Zn в 1,4; Mn в 1,01; Cr в 1,2; Cd в 3,2 раза. Превышение Cu, Mn и Cr характерны для слоя почвы 0-5 см, остальные превышения обнаружили для более глубоких слоев почв прирусловой и притеррасной подсистем.

Установили, что валовое содержание свинца слабо варьировало в слое 0-20 см почв пойменного ландшафта реки Ипуть, это говорит о равномерном вертикальном распределении его по почвенному профилю. Выявили локализацию остальных микроэлементов в различных слоях почв пойменного ландшафта, что подтверждается высокими коэффициентами вариации валового содержания химических элементов.

Обогащение верхних горизонтов органическим веществом и оксидами железа и марганца способствует накоплению металлов в этих слоях аллювиальных почв (Hooda, 2010). Отсюда следует, что вертикальное распределение валового количества металлов зависит от первичных свойств почвы и естественных почвенных процессов. Значительный вклад антропогенного воздействия ведет к значительному накоплению некоторых металлов в верхних горизонтах почв (Shaheen, Rinklebe, 2014).

Мышьяк легко вымывается в нижние слои почвы, так как встречается он преимущественно в виде анионов, поэтому имеют слабую адсорбцию на отрицательно заряженных органических соединениях (Ribeiro et al., 2019). Преимущественно в виде анионов находится в почве молибден, поэтому возможно его распределение в нижние части профиля почв.

При группировке КК и медианы содержания микроэлементов в виде убывающего ряда, получены следующие результаты (числитель – КК, знаменатель – содержание):

прирусловая подсистема	$\frac{\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{As} > \text{Co} > \text{Mo}}{\text{Mn} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Co} > \text{Cd} > \text{Mo}}$
центральная подсистема	$\frac{\text{Cr} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Mn} > \text{As} > \text{Co} > \text{Mo}}{\text{Mn} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Co} > \text{Cd} > \text{Mo}}$
притеррасная подсистема	$\frac{\text{Cr} > \text{Cd} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Mn} > \text{Ni} > \text{As} > \text{Co} > \text{Mo}}{\text{Mn} > \text{Cr} > \text{Zn} > \text{Ni} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{As} > \text{Co} > \text{Cd} > \text{Mo}}$

Однотипные биогеохимические условия пойменного режима, которые формируют аллювиальные почвы определяют схожую структуру убывающих рядов микроэлементов. В почве притеррасной пойменной подсистемы присутствуют некоторые отличия, которые вероятно связаны с отличием окислительно-восстановительных условий и водного режима данной территории и, как следствие, колебание подвижности микроэлементов.

В таблице 6.10 представлены значения кларк концентрации, отражающие уровни накопления микроэлементов, которые рассчитаны по медианам содержания микроэлементов в почвах пойменного ландшафта.

Установлены следующие закономерности горизонтального распределения микроэлементов в подсистемах пойменного ландшафта: кларк концентрации таких микроэлементов как Ni, Mn, Cr, возрастает от прирусловой к притеррасной части поймы, что согласуется с другими аналогичными исследованиями (Hooda, 2010); отмечено уменьшение кларка концентрации для Cu, Zn, Cd, Pb, Co, As при переходе от прирусловой подсистемы поймы к центральной, и вновь увеличение к притеррасной; при переходе от прирусловой подсистемы поймы к центральной

увеличивается значение кларка концентрации для молибдена, и незначительно уменьшается к притеррасной.

Таблица 6.10 – Медиана содержания (мг/кг) микроэлементов в слое почвы 0-20 см почв поймы р. Ипуть

Микроэлемент	Медиана	Кларк концентрация
Аллювиальная дерновая кислая слоистая примитивная укороченная супесчаная почва		
As	0,86	0,17
Cu	18,44	0,92
Cr	115,59	0,58
Cd	0,33	0,66
Co	0,65	0,08
Ni	9,94	0,25
Zn	27,35	0,55
Mn	257,42	0,30
Mo	0,04	0,02
Pb	6,66	0,67
Аллювиальная луговая кислая маломощная укороченная среднесуглинистая почва		
As	0,75	0,15
Cu	13,03	0,65
Cr	132,22	0,66
Cd	0,27	0,54
Co	0,57	0,07
Ni	14,79	0,37
Zn	26,25	0,53
Mn	294,82	0,35
Mo	0,08	0,04
Pb	5,92	0,59
Аллювиальная перегнойно-болотная тяжелосуглинистая почва		
As	1,18	0,24
Cu	14,97	0,75
Cr	167,35	0,84
Cd	0,41	0,82
Co	0,94	0,12
Ni	15,91	0,40
Zn	36,95	0,74
Mn	437,68	0,51
Mo	0,07	0,04
Pb	6,81	0,68

При построении геохимического индекса в ассоциацию накапливающихся элементов, относят элементы с относительной концентрацией > 1 , в группу рассе-

ивающихся – с относительной концентрацией < 1 . В зависимости от выраженности региональной геохимической дифференциации по изучаемым элементам решают насколько меньше и насколько больше 1 (Прохорова, 2004).

Обеспеченность аллювиальных почв пойменного ландшафта р. Ипуть микроэлементами в результате наших исследований отображали посредством геохимических индексов.

Аллювиальная дерновая кислая слоистая примитивная укороченная супесчаная почва имеет следующий геохимический индекс:

$$\text{Cu } 0,92 \frac{\text{Mo } 0,02, \text{Co } 0,08, \text{As } 0,17, \text{Ni } 0,25, \text{Mn } 0,30, \text{Zn } 0,55, \text{Cr } 0,58, \text{Cd } 0,66, \text{Pb } 0,67}{\text{}}$$

Аллювиальная луговая кислая маломощная укороченная среднесуглинистая почва имеет следующий геохимический индекс:

$$\text{Mo } 0,04, \text{Co } 0,07, \text{As } 0,15, \text{Mn } 0,35, \text{Ni } 0,37, \text{Zn } 0,53, \text{Cd } 0,54, \text{Pb } 0,59, \text{Cu } 0,65, \text{Cr } 0,66$$

Аллювиальная перегнойно-болотная тяжелосуглинистая почва имеет следующий геохимический индекс:

$$\text{Mo } 0,04, \text{Co } 0,12, \text{As } 0,24, \text{Ni } 0,40, \text{Mn } 0,51, \text{Pb } 0,68, \text{Zn } 0,74, \text{Cu } 0,75, \text{Cd } 0,82, \text{Cr } 0,84$$

Для почв, развивающихся на бедных породах и имеющих примитивное (укороченное) строением профиля исследуемые по величине кларка концентрации микроэлементы относятся к группе рассеивающихся. Исключение составляет концентрация меди, которая в почве прирусловой части поймы находится на уровне кларка (0,92).

В исследуемой почве центральной части пойменного ландшафта валовое содержание микроэлементов в сравнении с почвами мира ниже кларковых значений (табл. 6.10).

В таблице 6.11 представлены коэффициенты корреляции между валовым содержанием микроэлементов и агрохимическими показателями почвенного плодородия.

В результате исследований не установлено значимой корреляции между содержанием микроэлементов и показателями плодородия аллювиальных почв. Это

может быть связано с процессом преобразования поймы в ходе ее улучшения и наличием мелиоративной системы на изучаемом участке.

Таблица 6.11 – Коэффициенты корреляции ($n = 12$) валового содержания микроэлементов и показателей почвенного плодородия

Микроэлемент	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca(обм)	Mg(обм)	pH _{KCl}	C _{общ}
	мг/кг		ммоль/100 г		ед.	%
Cu	-0,07	-0,06	-0,26	-0,20	0,20	-0,13
Ni	-0,15	0,22	0,18	-0,22	-0,50	0,36
Zn	-0,02	-0,1	-0,20	-0,53	0,03	-0,04
Mn	0,11	0,05	-0,17	-0,22	0,18	-0,08
Cr	0,08	0,2	0,12	-0,35	-0,27	0,34
Cd	-0,03	-0,15	-0,23	-0,54	0,13	-0,04
Pb	0,1	0,15	0,02	-0,3	-0,01	0,15
Co	-0,11	-0,13	-0,14	-0,36	0,15	-0,03
Mo	0,03	0,18	0,29	0,10	-0,16	0,21
As	0,03	0,15	0,15	-0,23	-0,05	0,29

В почвах естественных кормовых угодий при проведении исследования установили, что большинство микроэлементов имеют относительно низкое содержание. Поэтому для получения стабильных урожаев надлежащего качества остается важным вопрос подкормок луговых трав микроэлементными удобрениями.

6.5. Распределение ¹³⁷Cs в аллювиальных почвах поймы р. Ипуть

Травостоя естественных кормовых угодий после аварии на ЧАЭС показал широкий разброс удельной активности ¹³⁷Cs, что обусловлено многими факторами: различными формами нахождения радионуклида в почве, неодинаковой удаленностью обследуемых площадей от места аварии, различиями по генезису и гранулометрическому составу почв, неоднородностью загрязнения почв (Аверин, Подоляк, 2010; Панов и др., 2011; Сычев и др., 2016).

Вертикальная миграция ¹³⁷Cs в почве протекает с малой скоростью. Главным образом от состава органических и минеральных компонентов почвы, её физико-химических характеристик и режима увлажнения зависит глубина миграции радионуклидов. В постоянно испытывающих переувлажнения почвах радио-

нуклиды глубже мигрируют, в сравнении с автоморфными (Харкевич и др., 2011; Андреева и др., 2018; Panov et al., 2006; Panov et al., 2009).

Необходимость изучения вертикальной и горизонтальной миграции ^{137}Cs в почвах естественных кормовых угодий определяется несколькими 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 (Панов и др., 2001; Алексахин, Лунев, 2011).

Выпадение радиоактивных осадков вызванное аварией на ЧАЭС привело к сокращению площадей естественных кормовых угодий для получения грубых и сочных кормов, и, сдерживанию развития животноводческой отрасли в регионе. Введением в оборот улучшенных радиоактивно загрязненных естественных кормовых угодий может быть компенсировано негативные последствия аварии на ЧАЭС (Шаповалов др., 2007; Бельченко и др., 2015; Гамко и др., 2016).

Возникает необходимость исследования вертикального и горизонтального распределения ^{137}Cs в пойменном ландшафте для прогноза его перехода в естественный травостой.

Климатические условия юго-запада Брянской области, генетические особенности аллювиальных почв и плотность радиоактивного загрязнения в разной степени влияют на вертикальное распределение ^{137}Cs по почвенному профилю и удельную активность ^{137}Cs отдельных слоев (табл. 6.12).

Наибольшую удельную активность ^{137}Cs обнаружили в дернине и горизонте A_1 , она варьировала в зависимости от типа аллювиальной почвы от 2712 до 9523 Бк/кг, При этом для менее обводненных почв прируслового вала и центральной поймы максимум приходится на дернину, а в болотной почве прирусловой части поймы максимум отмечен в горизонте A_1 . Далее с глубиной происходило снижение удельной активности по исследуемым почвам. В почве прирусловой части поймы ^{137}Cs активно мигрировал в горизонт В, и продолжает вертикальную миграцию далее в горизонт С. Подобной активной вертикальной миграции способствует легкий гранулометрический состав данной почвы. В почве центральной

части поймы вертикальная миграция идет более медленными темпами, и говорить достоверно о наличии ^{137}Cs в горизонте Bg в настоящее время нельзя, учитывая незначительные значения удельной активности. В болотной почве притеррасной части поймы распределение имеет вид резко убывающей кривой, при этом часть радионуклида мигрировала в горизонт Bg, где, по-видимому, имеются условия для его закрепления, несмотря на высокую обводненность профиля.

Таблица 6.12 – Удельная активность ^{137}Cs аллювиальных почв пойменного ландшафта, Бк/кг

Слой почвы, см	Аллювиальная дерновая кислая слоистая примитивная укороченная супесчаная (P16)		Аллювиальная луговая кислая маломощная укороченная среднесуглинистая (P14)		Аллювиальная болотная перегнойно-глеевая тяжелосуглинистая (P13)	
0-5	A _д	3704±398	A _д	2204±264	A _д	8536±897
5-10	A ₁	3282±347		2712±295	A _{1g}	9523±1047
10-15	B	1693±183	A ₁	667±76	Bg	5592±591
15-20	C	350±40		285±34		4560±462
20-25		240±35		63,1±9		27,2±3
25-30		71,2±9,9		19,27±3,8		6,1±2,2
30-35		30,4±4,5	Bg	3,6±1,5	Cg	1,3±1,6
35-40		4,35±1,7		0,9±1,0		1,9±1,4
40-45		11,3±2,3	Cg	0,6±0,8		2,4±1,6
45-50		3,2±1,5		0,5±1,4		12,6±2,5
50-55		1,6±1,6		0,9±1,0		4,6±1,6
55-60		2,7±1,6		1,3±1,7		2,8±2,4

Рассматривая горизонтальное распределение ^{137}Cs в пойменном ландшафте, установили следующий тренд: удельная активность ^{137}Cs возрастает от прирусловой к притеррасной подсистеме поймы, с минимумами в центральной подсистеме поймы, что, по-видимому, связано с постоянным выносом ^{137}Cs с продукцией кормопроизводства.

Корнеобитаемый слой почв обладает наибольшей информативностью с точки зрения ландшафтно-геохимических исследований на заливных лугах, включающий собственно гумусовый горизонт и частично следующий за ним слой аллювия разной степени вовлеченности в почвообразовательный процесс. Формирова-

ния урожая естественных кормовых трав являются чувствительным индикатором, который характеризует свойства данного слоя и является показателем возможного техногенного загрязнения территории.

В 2019 году, через 33 года после аварии на ЧАЭС, в зависимости от типа аллювиальной почвы в корнеобитаемом слое 0-20 см было от 96,11 до 99,79 % ^{137}Cs , при этом в слое от 20 до 60 см ^{137}Cs было от 3,89 до 0,21 % (рис. 6.5).

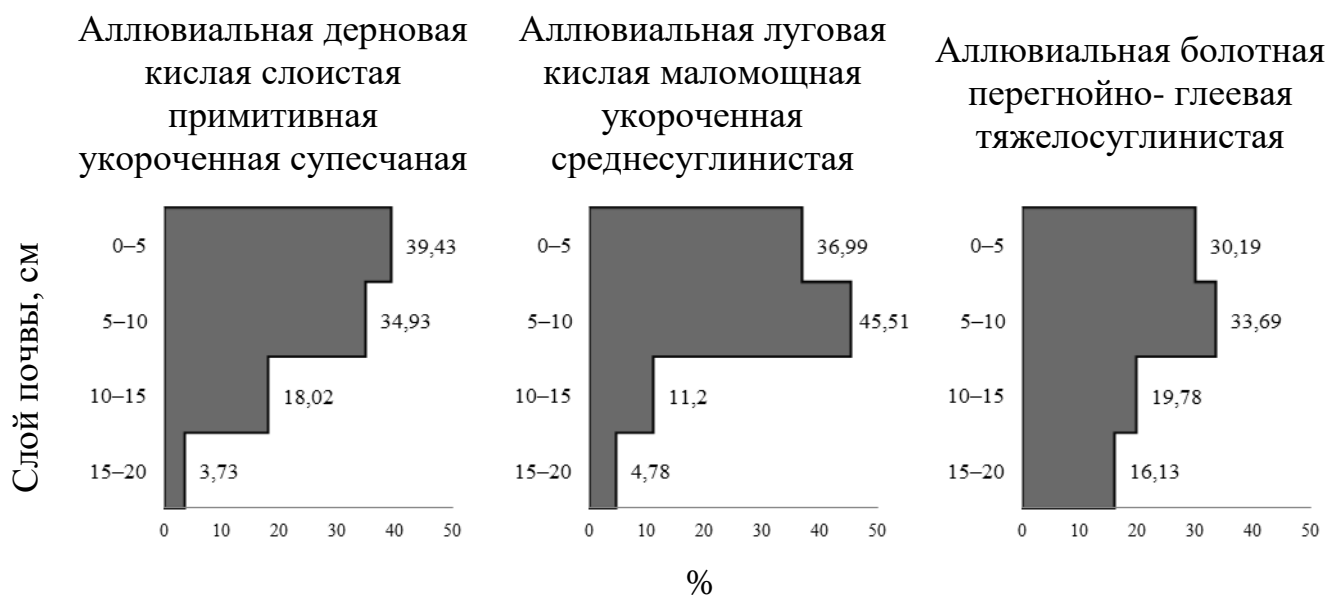


Рисунок 6.5 – Распределение ^{137}Cs по слоям аллювиальной почвы, % от общего количества в слое 0-60 см

Сравнивая распределение ^{137}Cs по слоям почвы, выявили, что в почве прирусловой (аллювиальной дерновой кислой слоистой примитивной укороченной супесчаной) около 40% ^{137}Cs находилось в слое 0-5 см, в то время как далее в при-террасной подсистеме ландшафта (аллювиальная перегнойно-болотная тяжелосуглинистая почва) шло его снижения до 30%, на наш взгляд, это связано гранулометрическим составом почв, на легких почвах основная часть ^{137}Cs закрепляется в слое с наибольшим количеством корней, для тяжелых почв характерно более равномерное распределение ^{137}Cs .

В почве центральной поймы (аллювиальной луговой кислой маломощной укороченной среднесуглинистой) основное содержание ^{137}Cs находилось в слое от 0 до 10 см (около 80%), далее шло резкое снижение.

Проведенный корреляционный анализ между агрохимическими показателями почвенного плодородия и удельной активностью ^{137}Cs выявил сильную поло-

жительную ($r > 0,70$) связь между содержанием органического вещества, обменного кальция и магния и подвижного фосфора и удельной активностью ^{137}Cs (табл. 6.13).

Электроположительно заряженные элементы могут притягиваться к отрицательно заряженной поверхности органического вещества, глинистых частиц и оксидов Fe и Al, которые определяют катионообменную емкость. Поэтому высокая емкость катионного обмена (ЕКО) снижает подвижность и доступность ^{137}Cs и увеличивает его фиксацию. Как следствие, появление значимых корреляционных связей между ЕКО, органическим веществом и удельной активностью ^{137}Cs в пойменных почвах.

Таблица 6.13 – Коэффициенты корреляции (r) удельной активности ^{137}Cs и показателей почвенного плодородия ($n=12$)

Показатель	Единица измерений	r
P_2O_5	мг/кг	0,75
K_2O		0,29
Ca (обм)	ммоль/100 г	0,72
Mg (обм)		0,75
$\text{pH}_{\text{КСI}}$	ед	0,26
$\text{C}_{\text{общ}}$	%	0,76

Содержание органического углерода и илистые частицы в разной степени участвуют в удерживании или ремобилизации ^{137}Cs , содержащегося в аллювиальных почвах, и частично объясняют характер распределения данного элементов в профиле и отмеченные корреляционные связи.

Миграция ^{137}Cs из почвы в многолетние травы зависела от типа аллювиальной почвы и ее гранулометрического состава. Так, наибольший (1,4) коэффициент перехода выявили для условий прирусловой подсистемы пойменного ландшафта, а наименьший 0,1 для притеррасной подсистемы пойменного ландшафта (табл. 6.14).

Таблица 6.14 – Удельная активность ^{137}Cs почвы и растений

Почва	Удельная активность ^{137}Cs Бк/кг		Коэффициент перехода ^{137}Cs из почвы в воздушно-сухую массу растений
	почва, слой 0-20	воздушно-сухая масса трав	
Аллювиальная дерновая кислая слоистая примитивная укороченная супесчаная	2257,3	1661,5	1,4
Аллювиальная луговая кислая маломощная укороченная среднесуглинистая	1467,3	1599,5	0,9
Аллювиальная перегнойно-болотная тяжелосуглинистая	7052,9	553,1	0,1

Установили тенденцию снижения коэффициент перехода ^{137}Cs из почвы в воздушно-сухую массу растений от прирусловой до притеррасной подсистем пойменного ландшафта, при изменении гранулометрического состава от супесчаного до тяжелосуглинистого. При этом наиболее ценная в хозяйственной отношении часть пойменного ландшафта имела средний коэффициент перехода 0,9.

Таким образом, горизонтальное распределение ^{137}Cs в почвах пойменного ландшафта р. Ипуть определялось генезисом почв пойменных подсистем, максимум удельной активности ^{137}Cs 9523 Бк/кг установили в притеррасной части пойменного ландшафта. Вертикальное распределение ^{137}Cs в слое 0–60 см определяется генезисом почв пойменных подсистем, обнаружили, что наибольшее количество ^{137}Cs находится в слое 5-10 см и от пойменной подсистемы варьировало от 33 до 45 % от общего количества в исследуемом слое. Выявили сильную положительную связь между содержанием органического вещества, обменных катионов, подвижного фосфора и удельной активностью ^{137}Cs почвы. В пойменном ландшафте р. Ипуть коэффициент перехода ^{137}Cs из почвы в растения зависит от гранулометрического состава почв и снижается от прирусловой к притеррасной подсистеме пойменного ландшафта.

ГЛАВА 7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Сельскохозяйственные организации и научно исследовательские институты ведут поиски наиболее эффективных способов применения минерального удобрения при полевом и луговом кормопроизводстве. Совершенствуя использование современной техники и технологий при кормопроизводстве, улучшая качество и ассортимент минерального удобрения, определяя лучшие нормы и соотношения в удобрении элементов питания, устанавливая оптимальные сроки и способы применения, а также наиболее рациональное использование минеральных удобрений по кормовым культурам, сельскохозяйственным организациям, районам и зонам РФ (Лукашов, Исаков, 2015; Чирков, Храмченкова, 2018; Басаргина, 2020; Дубровских и др., 2021; Гаврилова, Конова, 2021; Иванов и др., 2021).

Различные пути и способы улучшения эффективности применения удобрения направлены, в итоге, на достижение главной цели – увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур и повышение эффективности производства кормов. Предварительная проверка и экономическая оценка систем удобрения необходима для рекомендаций наиболее эффективных способов использования минерального удобрения.

Увеличение производительности труда, которое выражается в увеличении объема производства продукции кормопроизводства является маркером производственной эффективности. Чем выше рост производительности труда, тем больше производственная результативность. Для этого необходимо увеличение объема производства продукции кормопроизводства и увеличения качества кормов, а также снижением затрат труда на единицу продукции и ростом чистого дохода (Ларетин, Чирков, 2010; Зотов и др., 2011; Ларетин, Чирков, 2011; Чирков и др., 2017; Чирков, Храмченкова, 2019).

Сельскохозяйственное производство в сравнении с другими отраслями народного хозяйства обладает специфическими особенностями, которые заключаются в том, что здесь процесс производства тесно связан с погодно-климатическими условиями и процессом воспроизводства плодородия почв. Поэтому производительность труда в процессе сельскохозяйственного производства, а значит, и экономическая эффективность в максимальной степени зависят от уровня плодородия почв и погодно-климатических условий (Ларетин, 2010; 2012; Чирков и др., 2012; Ларетин, Шпаков, 2015; Ларетин, Чирков, 2017).

На практике для оценки экономической эффективности систем удобрений используют соизмерения показателей дополнительных производственных затрат при внесении минеральных удобрений и стоимости прибавки урожая полученной под их действием. Стоимость удобрений; затраты на их применение (начиная от приемки от поставщиков и кончая внесением в почву); затраты на уборку прибавки урожая являются дополнительными затратами. Стоимость прибавки урожая устанавливается по государственным закупочным ценам (Чирков и др., 2009; 2019; Чирков, 2021).

Чистый доход получаем по разности между стоимостью прибавки урожая и дополнительными производственными затратами. Чем выше чистый доход, тем больше результативность минеральных удобрений.

Отношение дополнительного чистого дохода к дополнительным затратам определяет рентабельность применения минеральных удобрений.

Для организации рационального применения минерального удобрения под отдельные культуры необходимо знать, какая эффективность их применения в конкретных природно-климатических условиях кормопроизводства. Аргументированное заключение можно сделать лишь на основе предварительной проверки действия минерального удобрения на увеличение продуктивности, повышения качества продукции кормопроизводства и полной экономической оценки (Чирков, Дробышевская, 2019).

Основой стабильной кормовой базы молочного и мясного скотоводства является организация кормопроизводства, которое считается результативным, если

производство сочных и грубых кормов для сельскохозяйственных животных компенсируется минимальными затратами денежных средств, трудовых и материальных ресурсов на единицу полученной продукции (Чирков, 2021).

Проведенными исследованиями в условиях юго-западной части Брянской области установлено, что эффективность применения минерального удобрения при возделывании кормовых культур, семейства мятликовых, в условиях заливного луга зависела от видов, доз минерального удобрения и соотношения в нём элементов питания, а также биологических особенностей возделываемой культуры (табл. 7.1).

Использование возрастающих доз калийного удобрения в фосфорно-калийном от $P_{60}K_{45}$ до $P_{60}K_{60}$ обуславливает повышение рентабельности производства сена от – 19 до 6 % в зависимости от возделываемого кормовой культуры. Наиболее отзывчивой культурой на применение фосфорно-калийного удобрения явился двукосточник тростниковый, рентабельность варьировала от 1 до 6 %.

Использование возрастающих доз полного минерального удобрения от $N_{45}P_{60}K_{45}$ до $N_{60}P_{60}K_{60}$ обуславливает повышение рентабельности производства сена от 45 до 55 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры.

Наиболее отзывчивой культурой на применение полного минерального удобрения с соотношением азота к калию, как 1 / 1, явилась овсяница луговая, рентабельность варьировала от 50 до 55 %.

Использование возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном от K_{45} до K_{75} в $N_{45}P_{60}K_{45}$ и от K_{60} до K_{90} в $N_{60}P_{60}K_{60}$ обуславливает повышение рентабельности производства сена от 45 до 58 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры.

Таблица 7.1 – Экономическая эффективность минерального удобрения в производстве кормов в луговом фитоценозе

Вариант	Заграты на приобретение и внесение удобрений, у.е.	Заграты на уборку дополнительной продукции, у.е.	Суммарные заграты, у.е.	Стоимость дополнительной продукции, у.е.	Прибыль, у.е.	Рентабельность (убыточность), %
Ежа сборная						
P ₆₀ K ₄₅	29,56	10,14	39,70	32,20	-7,50	-19
P ₆₀ K ₆₀	30,02	12,85	42,87	39,98	-2,89	-7
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	41,03	32,32	73,35	106,70	33,35	45
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	41,49	33,64	75,14	108,94	33,80	45
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	41,96	34,97	76,92	113,22	36,30	47
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	45,32	35,91	81,23	123,12	41,89	52
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	45,78	37,61	83,39	124,18	40,79	49
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	46,24	39,63	85,87	130,83	44,96	52
Овсяница луговая						
P ₆₀ K ₄₅	29,56	12,66	42,22	40,20	-2,02	-5
P ₆₀ K ₆₀	30,02	15,25	45,26	47,43	2,17	5
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	41,03	34,15	75,18	112,74	37,56	50
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	41,49	35,85	77,34	116,08	38,74	50
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	41,96	38,05	80,01	123,22	43,21	54
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	45,32	37,30	82,61	127,87	45,26	55
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	45,78	39,19	84,97	129,38	44,41	52
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	46,24	40,64	86,88	134,16	47,28	54
Двукосточник тростниковый						
P ₆₀ K ₄₅	29,56	13,73	43,29	43,60	0,31	1
P ₆₀ K ₆₀	30,02	15,56	45,58	48,41	2,83	6
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	41,03	35,47	76,50	117,10	40,60	53
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	41,49	36,41	77,91	117,91	40,01	51
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	41,96	38,18	80,13	123,62	43,49	54
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	45,32	37,49	82,80	128,52	45,72	55
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	45,78	39,88	85,66	131,66	46,01	54
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	46,24	42,46	88,70	140,19	51,49	58

Наиболее отзывчивой культурой на применение полного минерального удобрения с соотношением азота к калию, как 1 / 1,33 и более, явился двукисточник тростниковый, рентабельность которого варьировала от 51 до 58 % (табл. 7.1).

В условиях радиоактивно загрязненного центрального заливного луга наибольший экономический эффект (рентабельность 58 %) выявлен при возделывании двукисточника тростникового с применением полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$.

Проведенными исследованиями в условиях юго-запада Брянской области установлено, что эффективность минерального удобрения при возделывании кормовых культур, семейства бобовых и мятликовых, в условиях полевого агроценоза зависела от доз минерального удобрения и биологических особенностей возделываемой культуры (табл. 7.2).

Использование возрастающих доз калийного удобрения от K_{180} до K_{210} обуславливает повышение рентабельности производства сена от 11 до 53 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры. Наиболее отзывчивой культурой на применение калийного удобрения явился овес посевной, рентабельность которого варьировала от 51 до 53 %.

В условиях радиоактивно загрязненного полевого агроценоза возделывание райграса однолетнего, суданской травы и просо посевного при применении возрастающих доз калийного удобрения ведет к убыточности от -62 до -1 % в зависимости от возделываемой культуры.

Использование возрастающих доз калийного удобрения в фосфорно-калийном от $P_{60}K_{60}$ до $P_{60}K_{105}$ обуславливает снижение убыточности производства сена от -84 до -2 % в зависимости от возделываемой кормовой культуры. Наиболее отзывчивой культурой на применение фосфорно-калийного удобрения явилась люцерна изменчивая, убыточность которой варьировала от -74 до -2 % (табл. 7.2.).

В условиях радиоактивно загрязненного полевого агроценоза обнаружили тенденцию снижения убыточности с увеличением доз минерального удобрения при возделывании райграса однолетнего, суданской травы, просо посевного, люцерны изменчивой, костреца безостого и тимopheевки луговой.

Таблица 7.2 – Экономическая эффективность минерального удобрения в производстве кормов в полевом агроценозе

Вариант	Затраты на приобретение и внесение удобрений, у.е.	Затраты на уборку дополнительной продукции, у.е.	Суммарные затраты, у.е.	Стоимость дополнительной продукции, у.е.	Прибыль, у.е.	Рентабельность (убыточность), %
Люпин желтый						
K ₁₈₀	5,54	2,96	8,51	9,40	0,89	11
K ₂₁₀	6,47	4,16	10,63	12,94	2,31	22
Овес посевной						
K ₁₈₀	5,54	5,17	10,71	16,40	5,69	53
K ₂₁₀	6,47	6,11	12,58	19,01	6,43	51
Райграс однолетний						
K ₁₈₀	5,54	1,76	7,31	5,60	-1,71	-23
K ₂₁₀	6,47	3,02	9,49	9,41	-0,08	-1
Суданская трава						
K ₁₈₀	5,54	0,76	6,30	2,40	-3,90	-62
K ₂₁₀	6,47	2,08	8,55	6,47	-2,08	-24
Просо посевное						
K ₁₈₀	5,54	1,39	6,93	4,40	-2,53	-37
K ₂₁₀	6,47	2,52	8,99	7,84	-1,15	-13
Люцерна изменчивая						
P ₆₀ K ₆₀	30,02	2,65	32,66	8,40	-24,26	-74
P ₆₀ K ₇₅	30,48	4,85	35,33	15,09	-20,24	-57
P ₆₀ K ₉₀	30,94	10,27	41,21	33,90	-7,31	-18
P ₆₀ K ₁₀₅	31,40	13,61	45,01	44,06	-0,95	-2
Кострец безостый						
P ₆₀ K ₆₀	30,02	1,64	31,66	5,20	-26,46	-84
P ₆₀ K ₇₅	30,48	3,65	34,13	11,37	-22,77	-67
P ₆₀ K ₉₀	30,94	5,04	35,98	16,64	-19,34	-54
P ₆₀ K ₁₀₅	31,40	6,36	37,77	20,60	-17,16	-45
Тимофеевка луговая						
P ₆₀ K ₆₀	30,02	2,52	32,54	8,00	-24,54	-75
P ₆₀ K ₇₅	30,48	5,17	35,65	16,07	-19,57	-55
P ₆₀ K ₉₀	30,94	7,75	38,69	25,58	-13,11	-34
P ₆₀ K ₁₀₅	31,40	9,45	40,85	30,60	-10,25	-25

Рассматривая применение минерального удобрения без азотного компонента на кормовых угодьях юго-запада Брянской области установили, что возделывание мятликовых кормовых культур более рентабельно на пойменных почвах, так как они более плодородны. Для повышения рентабельности производства сена в полевых агроценозах необходимо применение азотных удобрений, при этом необходим постоянный мониторинг получаемой продукции, особенно бобовых культур, так как азотные удобрения способствуют накоплению ^{137}Cs в корме.

В условиях радиоактивного загрязнения юго-запада Брянской области при производстве грубых кормов рекомендуем возделывать двукисточник тростниковый на аллювиальных почвах с применением полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, рентабельность производства составляет 58 %. При производстве грубых кормов в условиях дерново-подзолистых почв рекомендуем возделывать овес посевной с применением калийного минерального удобрения в дозе K_{180} , рентабельность производства составляет 53 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате полевых и лабораторных исследований, проведенных в период с 2003 по 2015 годы на радиоактивно загрязнённых аллювиальных и дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава юго-западной части Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС были установлены закономерности и тенденции изменения количественных и качественных показателей продукции кормопроизводства при возделывании кормовых культур под действием минерального удобрения.

Агроклиматические ресурсы, плодородие пойменных почв юго-запада Брянской области обеспечивали в период исследований с 2003 по 2014 годы минимальную урожайность зеленой и воздушно-сухой массы естественного травостоя соответственно на уровне около 7,0 и 2,0 т/га и сеяного – около 9 и 2,8 /га за два укоса. Поверхностное и коренное улучшение позволяет увеличить продуктивность заливного луга от 4 до 25 % в зависимости от периода уборки урожая в сравнении с естественным травостоем. Главным фактором повышения урожайности зеленой и воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя первого и второго укосов явились азотные удобрения, которые достоверно повышали урожайность, с максимальным сбором зелёной массы около 47 т/га и воздушно-сухой массы около 13 т/га за два укоса при применении системы удобрения $N_{180}P_{120}K_{180}$. Эффективность минеральных удобрений снижалась с увеличением доли калийного удобрения в системе удобрения, максимальную окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая естественного и сеяного травостоя выявили при применении $N_{120}P_{60}K_{120}$, которая составила соответственно в пределах 100-120 первого и 77-98 кг/кг д.в. второго укоса зеленой массы и 21-24 первого и 18-21 кг/кг д.в. второго укоса воздушно-сухой массы. Данные по действию и эффективности азотного удобрения в увеличении урожайности травостоя подтверждаются

корреляционным анализом, который выявил, что связь между урожайностью и возрастающими дозами азотного удобрения сильная, а связь между возрастающими дозами калийного удобрения и урожайностью – слабая или средняя. Обнаружили более полное использование растениями первого укоса многолетних трав минерального удобрения и почвенно-климатического потенциала территории, разница в урожайности первого и второго укосов достигала до 2 раз.

Возделывание одновидовых посевов в условиях юго-запада Брянской области позволяет получать урожай зеленой и воздушно-сухой массы в зависимости от семейства и вида культуры соответственно от 5,8 до 23,1 и от 1,8 до 5,1 т/га. Кормовые культуры по урожайности расположились в следующий убывающий ряд: люпин желтый → суданская трава → люцерна изменчивая → просо посевное, коострец безостый → тимофеевка луговая → райграс однолетний → овес посевной → двукосточник тростниковый → овсяница луговая → ежа сборная.

Применение возрастающих доз полного минерального удобрения в условиях заливного луга позволяет существенно увеличивать урожайность зеленой и воздушно-сухой массы кормовых культур в зависимости от вида соответственно от 29,4 до 30,9 и от 8,1 и до 8,6 т/га. Нами установлено, что главным фактором увеличения урожайности в условиях заливного луга явились азотные удобрения. Корреляционный анализ выявил сильную и среднюю связь между урожайностью зеленой и воздушно-сухой массы кормовых культур и возрастающими дозами азотного удобрения и слабую – при применении возрастающих доз калийного удобрения. Наибольшую окупаемость, прибавки урожая зеленой и воздушно-сухой массы кормовых культур, минерального удобрения соответственно от 130,0 до 142,0 и от 34,2 до 37,5 кг на кг д. в. обеспечивает применение полного минерального удобрения в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$.

Применение возрастающих доз калия в составе фосфорно-калийного удобрения вело к достоверному увеличению урожайности зеленой массы кормовых культур при этом возделывание на аллювиальных почвах соответственно от 13,2 до 14,8 т/га в зависимости от вида культуры. Наблюдали тенденцию к увеличению урожайности кормовых культур при применении калийного и фосфорно-

калийного удобрения на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава.

Наиболее высокоинтенсивной кормовой культурой в условиях юго-запада Брянской области является суданская трава, а просо и овес обладают высокой отзывчивостью с сочетанием низкой стабильностью урожая, кострец безостый слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеет достаточно высокую стабильность урожайности. Применение минерального удобрения повышает адаптацию, изменчивость урожайности кормовых культур, увеличивает разрыв между максимальной и минимальной урожайностью, а также усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

Почвенно-климатические ресурсы юго-запада Брянской области позволяют получать в полевых условиях урожай зеленой массы смешанных посевов от 25,3 до 32,2 т/га в зависимости от погодных условий, компонентов посева и их соотношения. Возрастающие дозы калийного удобрения увеличивают урожайность смешанных посевов, однако изменения незначительны. Наблюдали тенденцию к увеличению урожайности смешанных посевов люпина с овсом, райграсом и просом с увеличением мятликового компонента в посеве и снижению урожайности смешанных посевов люпина с суданской травой с увеличением мятликового компонента.

Выявили действия бобового компонента на увеличение урожайности смешанного посева, который за счет высокой ЕКО корневой поверхности повышает напряженность отрицательного поля вокруг общей корневой системы. Увеличение напряженности вызывает ускорение потока влаги к корневой системе смешанного посева, увеличению конвекции в общем потоке влаги, повышению доступности влаги и элементов питания, урожайности по сравнению с одновидовым посевом. Бобовый компонент увеличивает в 1,5-2,0 раза содержание азота в смешанном посеве трав из-за доступности клубенькового азота корневым системам посева, если содержание азота в массе смешанного посева не компенсируется необходимым количеством K^+ для синтеза сырого протеина, то повышается синтез БЭВ.

Применение минерального удобрения при возделывании кормовых культур в условиях агроландшафтов ведет к изменению биохимических показателей воз-

душно-сухой массы культур. Установили тенденции к повышению протеина, золы, клетчатки и жира в кормах при применении возрастающих доз полного, фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения и снижению БЭВ при аналогичных условиях.

Обнаружили аналогичное действие минерального удобрения на изменение биохимических показателей корма при возделывании кормовых культур в смешанных посевах. Установили, что с увеличением мятликового компонента в смешанном посеве происходило снижение содержания протеина, золы, клетчатки и жира и повышение БЭВ в воздушно-сухой массе кормов.

Применение минерального удобрения при возделывании кормовых культур в условиях агроландшафтов изменяло элементный состав воздушно-сухой массы. Установили тенденции к повышению азота, фосфора, калия и кальция в кормах при применении возрастающих доз полного, фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения и снижению магния при аналогичных условиях.

Нами выявлено, что корневая система каждого вида культуры формирует на своей поверхности электростатическое поле определенной напряженности, вектор которого направлен к отрицательно заряженной поверхности корней и вызывает поток почвенного раствора, увеличивая доступность влаги и элементов питания растениям. Установлена линейная прямопропорциональная зависимость между напряжённостью электростатического поля, доступностью почвенной влаги и урожайностью культур. По величине напряженности электростатического поля, доступности влаги виды культур располагаются в следующую последовательность: люпин жёлтый > суданская трава > просо посевное > овёс посевной > райграс однолетний. Эта последовательность соблюдается для биологического выноса воздушно-сухой массой N, P, K, Ca, Mg, при увеличении конвекции в общем потоке почвенного раствора к корневой системе в наибольшем количестве переносятся N и K, в наименьшем – Mg и P. Обнаружено, что при недостатке K для синтеза белков, корни растений поглощают Mg для синтеза безазотистого экстрактивного вещества. Минеральные удобрения при растворении в почвенной влаге вызывают сжатие диффузного слоя ДЭС, формирующихся на стенках капилляров почвы и

поверхности корней растений, увеличение напряженности электростатических полей и потоков влаги к корневой системе растения, доступности влаги. Видовые различия биовыноса элементов питания обусловлены разностью между поверхностной плотностью зарядов на поверхности корней и почвенных капилляров. Биовынос элементов питания описывается зависимостью, устанавливающей связь между содержанием элемента питания в воздушно-сухой массе растения, транспирацией посевов в течение вегетации и параметром биовыноса.

В отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС в условиях юго-запада Брянской области по-прежнему ситуация с ведением кормопроизводства остается критичной, особенно это характерно для личных подсобных хозяйств, где из общего объема получаемого корма до 50 % превышает допустимый уровень по содержанию ^{137}Cs .

Агроклиматические ресурсы, плотность загрязнения ^{137}Cs и плодородие пойменных почв юго-запада Брянской области в период исследований с 2003 по 2008 годы обеспечивают получение воздушно-сухой массы естественного травостоя с максимальной удельной активностью ^{137}Cs на уровне около 3000 Бк/кг и сеяного – около 2560 Бк/кг в среднем за два укоса. Уменьшение плотности загрязнения ^{137}Cs территории вело к снижению в период исследований с 2009 по 2014 годы удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя соответственно 2276 и 2340 Бк/кг в среднем за два укоса. Поверхностное и коренное улучшение позволяет снизить удельную активность ^{137}Cs урожая от 1 до 15 % в зависимости от периода уборки урожая и мероприятий улучшения в сравнении с естественным травостоем. Главным фактором снижения удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного и сеяного травостоя явились калийные удобрения, которые существенно снижали данный показатель. Минимальную удельную активность ^{137}Cs воздушно-сухой массы около 71 Бк/кг в среднем за два укоса при применении системы удобрения $\text{N}_{180}\text{P}_{120}\text{K}_{360}$. В период с 2003 по 2008 годы уровень загрязнения был около 1221 кБк/м^2 , наибольший эффект от минерального удобрения был получен при соотношении в нем азота к калию как 1 : 2, в период с 2009 по 2014 годы уровень загрязнения был около 755 кБк/м^2 , наибольший эффект был получен при соотношении азота к калию как 1 : 1,5. Данные по действию и эффек-

тивности калийного удобрения в снижении удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы травостоя подтверждаются корреляционным анализом, который выявил, что связь между удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы и возрастающими дозами азотного удобрения сильная или средняя, а связь между возрастающими дозами калийного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs воздушно-сухой массы – сильная. При этом обнаружили, что высокие дозы калийного удобрения нивелируют негативное действие азотного удобрения.

Возделывание одновидовых посевов в условиях юго-запада Брянской области не позволяют получать нормативно «чистые» грубые корма в условиях пойменных лугов, превышение допустимого содержания ^{137}Cs в зависимости от вида кормовой культуры варьировало от 5,8 до 7,3 раз. Возделывание кормовых культур в полевых условиях позволяет получать грубые корма с нормативным содержанием ^{137}Cs , исключение составило возделывание люпина желтого, допустимый уровень содержания ^{137}Cs был превышен в 1,7 раза, также наблюдали более высокое содержание ^{137}Cs в люцерне изменчивой в сравнении с мятликовыми травами.

Применение возрастающих доз полного, фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения в условиях агроценозов юго-запада Брянской области позволяет получать корма с допустимым содержанием ^{137}Cs . Корреляционный анализ установил среднюю связь между возрастающими дозами азотного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs корма и сильную связь между возрастающими дозами калийного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs корма.

При ведении кормопроизводства на радиоактивно загрязненной территории необходимо подбирать кормовые культуры с наименьшим накоплением ^{137}Cs , на заливных лугах необходимо возделывать двукисточник тростниковый, а в полевых агроценозах – тимофеевку луговую и суданскую траву.

В настоящее время сохраняется вероятность получения продукции животноводства с содержанием ^{137}Cs выше норматива при использовании пойменных лугов с плотностью загрязнения ^{137}Cs больше 755 кБк/м^2 , при этом применение калийного удобрения позволяет возвращать кормовые угодья в сельскохозяйственный оборот.

Установили, что почвы сенокосов и пастбищ в условиях исследования по естественному плодородию более плодородны, чем зональные почвы региона исследования. Радиационная обстановка на сенокосах и пастбищах более сложна, здесь существует риск получения кормов с содержанием ^{137}Cs выше норматива.

Проведенный мониторинг современного состояния плодородия аллювиальных почв выявил, что содержание гумуса, подвижного фосфора, обменных форм кальция и магния увеличивались в ландшафте пойм по подсистемам: прирусловой → центральной → притеррасной; наибольшее содержание обменного калия установили в центральной подсистеме пойменного ландшафта.

Использование пойменного ландшафта в производстве кормов должно основываться на знании геохимических индексов аллювиальных почв, для того, чтобы четко понимать распределение микроэлементов в почвах пойм. Нами установлено относительно низкие концентрации большинства микроэлементов в почвах естественных кормовых угодий.

Горизонтальное распределение ^{137}Cs в почвах пойменного ландшафта реки Ипуть определялось генезисом почв пойменных подсистем, максимум удельной активности ^{137}Cs 9523 Бк/кг установили в притеррасной части пойменного ландшафта. Вертикальное распределение ^{137}Cs в слое 0–60 см определяется генезисом почв пойменных подсистем, обнаружили, что наибольшее количество ^{137}Cs находится в слое 5–10 см и от пойменной подсистемы варьировало от 33 до 45 % от общего количества в исследуемом слое. Выявили сильную положительную связь между содержанием органического вещества, обменных катионов, подвижного фосфора и удельной активностью ^{137}Cs почвы. Выявили, что коэффициент перехода ^{137}Cs из почвы в растения зависит от гранулометрического состава почв и снижается от прирусловой к притеррасной подсистеме пойменного ландшафта.

В условиях радиоактивного загрязнения юго-запада Брянской области при производстве грубых кормов рекомендуем возделывать двукисточник тростниковый на аллювиальных почвах с применением полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, рентабельность производства составляет 58 %. При производстве грубых кормов в условиях дерново-подзолистых почв рекомендуем возделывать

овес посевной с применением калийного минерального удобрения в дозе K_{180} , рентабельность производства составляет 53 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

На аллювиальных и дерново-подзолистых почвах юго-запада Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС необходимо научно обоснованное применение минерального удобрения при возделывании кормовых культур с целью получения максимального урожая с наилучшими показателями качества корма и наибольшей экономической эффективностью.

В луговых агроценозах для производства наибольшего объема кормов, с допустимым содержанием ^{137}Cs , необходимо применять минеральное удобрение в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$. В полевых агроценозах – в дозе K_{180} при возделывании люпина желтого и овса посевного. Для повышения урожайности одновидовых посевов кормовых культур необходимо добавлять бобовый компонент, при выборе которого необходимо соблюдать следующие условия: природная среда обитания бобового компонента должна приблизительно совпадать со средой обитания основных культур и ёмкость катионного обмена корней бобового компонента должна превышать ёмкость катионного обмена корней основной культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверин, В.С. Роль защитных мероприятий для снижения доз облучения населения и получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции / В.С. Аверин, А.Г. Подоляк // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – №4. – С. 18–22.
2. Агроклиматический справочник по Брянской области. – Гидрометеиздат. – Л. 1960. – 111 с.
3. Алексахин, Р.М. Мероприятия в области земледелия и агрохимии при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий / Р.М. Алексахин // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 32–34.
4. Алексахин, Р.М. Радиационная безопасность населения и агропромышленное производство (к вопросу о нормировании содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции) / Р.М. Алексахин, Е.В. Спирин, М.Н. Савкин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т. 39, № 4. – С. 444–450.
5. Алексахин, Р.М. Техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий (исследования, контроль и реабилитация территорий) / Р.М. Алексахин, М.И. Лунёв // Плодородие. – 2011. – № 3. – С. 32–35.
6. Алешин, С.Н. Об электрическом заряде корня растения и методе его определение / С.Н. Алешин, М.Т. Ястребов // Доклады ТСХА. – 1950. – Вып. 12. – С. 188–194.
7. Андреева, Н.В. Влияние извести на биологическую подвижность ^{137}Cs в почвах различных типов / Н.В. Андреева, Н.В. Белова, В.К. Кузнецов, Н.И. Санжарова // Агрохимический вестник. – 2018. – Т. 5, № 5. – С. 48–52.
8. Анисимов, В.С. Вертикальная миграция ^{137}Cs чернобыльских выпадений в различных ландшафтах / В.С. Анисимов, В.К. Кузнецов, А.И. Санжаров // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61, № 3. – С. 286–300.

9. Анишина, Ю.А. Эффективность возделывания многолетних мятликовых трав в одновидовых посевах на радиоактивно загрязненных поймах. автореф. дисс...канд. с.-х. наук / Ю.А. Анишина. – Брянск, 2012. – 20 с.
10. Анненков, Б.Н. Сельскохозяйственная радиология / Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
11. Антыков, А.Я. Почвы Брянской области и условия их образования / А.Я. Антыков. – Брянск: Брянский рабочий, 1958. – 164 с.
12. Арышева, С.П. Влияние реабилитационных мероприятий на переход ¹³⁷Cs в системе почва-растение-продукция животноводства на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях Калужской области / С.П. Арышева, А.Н. Ратников, Д.Г. Свириденко, Г.И. Попова // Дневник науки. – 2018. – № 5 (17). – С. 5.
13. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь) / Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. Москва – Минск: Фонд «Инфосфера», НИА-Природа, 2009. – 140 с.
14. Байкалова, Л.П. Оценка урожайности культурных пастбищ в условиях Красноярской лесостепи / Л.П. Байкалова, Ю.Ф. Едимейчев, А.И. Машанов // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 8 (149). – С. 52–58.
15. Байкалова, Л.П. Пластичность и стабильность ярового овса по урожайности и массе 1000 зерен / Л.П. Байкалова, Ю.И. Серебренников // Вестник КрасГАУ. – 2020. – №4. – С. 37–44.
16. Бакина, Л.Г. Влияние известкования на комплекс почвенных микроорганизмов и гумусное состояние дерново-подзолистой почве в многолетнем опыте / Л.Г. Бакина, М.В. Чугунова, Т.Б. Зайцева, З.П. Небольсина // Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 225–234.
17. Балабко, П.Н. Почвы мелиорированной поймы верхнего течения реки Оки, используемые в интенсивном земледелии / П.Н. Балабко, А.А. Снег, Т.В. Локалина, В.Н. Щедрин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 3 (23). – С. 116–137.

18. Баринов, В.Н. Эффективность смешанных посевов с люпином на легких почвах Нечерноземной зоны: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / В.Н. Баринов. – Брянск. – 2008. – 25 с.

19. Басаргина, О.М. Продуктивность и качество корма сенокосных угодий в зависимости от совместного внесения аммофоса и аммиачной селитры / О.М. Басаргина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 8 (202). – С. 35–39.

20. Басаргина, О.М. Увеличение продуктивности сенокосов в условиях Шебалинского района республики Алтай в связи с применением комплексных азотных удобрений / Басаргина О.М. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (185). – С. 5–10.

21. Бедарева, О.М. Культуртехническое состояние природных кормовых угодий и перспективы их оптимизации / О.М. Бедарева, Т.Н. Троян, Л.С. Мурачёва, О.П. Федюнина, Г.В. Горшенина, И.А. Волкова // Известия КГТУ. – 2017. – № 45. – С. 221–232.

22. Бейн, Е.Е. Метеорологические условия проведения опытов за 70 лет / Е.Е. Бейн, Ф.В. Моисеенко, Н.М. Белоус // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – № 3. – С. 5–6.

23. Белова, Н.В. Влияние калийных удобрений на транслокацию ^{137}Cs в растения из дерново-подзолистой песчаной почвы / Н.В. Белова, Н.И. Санжарова, Л.А. Воробьева, Ф.В. Моисеенко, М.В. Шишулина // Агрохимия. – 2009. – № 11. – С. 50–56.

24. Белоус, И.Н. Влияние удобрений и обработки почвы на миграцию ^{137}Cs в почве кормовых угодий / И.Н. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Л.П. Харкевич // Земледелие. – 2012. – № 8. – С. 8–10.

25. Белоус, И.Н. Оценка коренного улучшения лугов, загрязненных ^{137}Cs / И.Н. Белоус, Д.Н. Прищеп, Ю.А. Анишина, Е.В. Смольский // Аграрная наука. – 2011. – № 12. – С. 11–13.

26. Белоус, И.Н. Эколого-экономическая эффективность применения минеральных удобрений на радиационно-загрязненных естественных лугах Брянской

области / И.Н. Белоус, Ю.А. Анишина, Д.Н. Прищеп, Е.В. Смольский // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – №12. – С. 43–46.

27. Белоус, И.Н. Эффективность агрохимических приемов при поверхностном улучшении естественных кормовых угодий, загрязненных ^{137}Cs / И.Н. Белоус, Е.А. Кротова, Е.В. Смольский // Агрохимия. – 2012. – № 8. – С. 18–24.

28. Белоус, Н.М. Вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания ^{137}Cs на территории юго-запада Брянской области в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.М. Белоус, П.В. Прудников, А.М. Щеглов, Е.В. Смольский, И.Н. Белоус, А.Л. Силаев // Радиация и риск. – 2019. – Т. 28, №3. – С. 36–46.

29. Белоус, Н.М. Влияние агроклиматических ресурсов, различных систем удобрений и уровня плодородия почвы на урожай и качество культур севооборота / Н.М. Белоус, В.Ф. Моисеенко, Л.А. Воробьева // Программирование урожаев и биологизация земледелия: научные труды. Выпуск 3. Часть 2. – Брянск, 2007. – С. 3-16.

30. Белоус, Н.М. Влияние удобрений на продуктивность и накопление радионуклидов при возделывании мятликовых трав в одновидовых посевах / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Н.К. Симоненко, Е.В. Смольский // Агрохимический вестник. – 2012. – №5. – С. 22–24.

31. Белоус, Н.М. Влияние фосфорно-калийных удобрений на урожайность и качество сена многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Г.П. Малявко, Е.В. Смольский, О.А. Меркелов // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29, № 3. – С. 33–35.

32. Белоус, Н.М. Дела чернобыльские / Н.М. Белоус // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 2. – С. 3–8.

33. Белоус, Н.М. Многолетние бобовые и злаковые травы: биология и технология возделывания. Отраслевые регламенты // Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, И.Я. Моисеенко, О.В. Мельникова. – Брянск, 2010. – 150 с.

34. Белоус, Н.М. Оптимальные параметры плодородия почвы для производства нормативно чистой сельскохозяйственной продукции на территориях загряз-

ненных радионуклидами: монография / Н.М. Белоус, Л.А. Воробьева, И.Н. Белоус. – Брянск: Изд-во БГСХА, 2012. – 92 с.

35. Белоус, Н.М. Повышение плодородия песчаных почв: монография / Н.М. Белоус. – М.: Изд-во «Колос», 1997. – 192 с.

36. Белоус, Н.М. Развитие радиоактивно загрязненных территорий Брянской области в отдельный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.М. Белоус // Вестник Брянской ГСХА. – 2018. – № 1. – С. 3–11.

37. Белоус, Н.М. Роль минерального калия в снижении поступления ^{137}Cs в кормовые травы и повышении их урожайности на радиоактивно загрязненных угодьях / Н.М. Белоус, Е.В. Смольский, С.Ф. Чесалин, В.Ф. Шаповалов // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т 51, № 4. – С. 543–552.

38. Белоус, Н.М. Социально-экономическое развитие районов Брянской области пострадавшей от Чернобыльской катастрофы / Н.М. Белоус // Вестник Брянской ГСХА. – 2013. – № 4. – С. 41–48.

39. Бельченко, С.А. Развитие АПК Брянской области / С.А. Бельченко, И.Н. Белоус, М.П. Наумова // Вестник Брянской ГСХА. – 2015. – № 2. – С. 32–35.

40. Беляк, В.Б. Высокопродуктивные пастбищные ценозы для крупного рогатого скота / В.Б. Беляк, О.А. Тимошкин // Нива Поволжья. – 2012. – №2. – С. 12–17.

41. Беляк, В.Б. Совершенствование набора культур и структуры кормовых угодий для мясного скота в лесостепной зоне / В.Б. Беляк, О.А. Тимошкин // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – № 1. – С. 49–52.

42. Бихеле, З.Н. Математическое моделирование транспирации и фотосинтеза растений при недостатке почвенной влаги / З.Н. Бихеле, Х.А. Молдау, Ю.К. Росс. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 223 с.

43. Богдевич, И.М. Итоги и перспективы агрохимических защитных мер на загрязненных радионуклидами землях Беларуси / И.М. Богдевич // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2011. – № 3. – С. 27–39.

44. Божин, И.А. Продуктивность естественных кормовых угодий в зависимости от мероприятий их улучшения / И.А. Божин, С.Ф. Чесалин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 3-1. С. 3–6.

45. Бокатуро, Н.Н. Эффективность защитных мероприятий при возделывании многолетних мятликовых трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах / Н.Н. Бокатуро, А.А. Справцев, С.Н. Поцепай, Н.М. Белоус // Агрохимический вестник. – 2020. – № 1. – С. 65–70.

46. Бондарев, В.А. Повышение качества корма из многолетних трав / В.А. Бондарев // Вестник РАСХН. – 2008. – №4. – С. 54–55.

47. Булохов, А.Д. Типология лугов Брянской области / А.Д. Булохов. – Брянск: РИО БГУ, 2009. – 219 с.

48. Бурлуцкий, В.А. Продукционный потенциал и освоение растительных сообществ залежных земель Мещовского ополья в калужской области / В.А. Бурлуцкий, В.Н. Мазуров, П.С. Семешкина, В.М. Косолапов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 1. – С. 45–52.

49. Васильченко, М.Я. Ресурсное обеспечение животноводства кормами в регионах РФ, неблагоприятных для ведения сельского хозяйства / М.Я. Васильченко, А.П. Потапов, Е.А. Дерунова // Региональные агросистемы: экономика и социология. – 2020. – № 3. – С. 66–80.

50. Ведение сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения: учебное пособие / под общ. ред. Г.В. Козьмина и С.В. Круглова. – Обнинск: ИАТЭ, 1999. – 187 с.

51. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs . Ветеринарные правила и нормы. ВП 13.5.13/06-01 // Ветеринар. Патология. – 2002. – №4. – С. 44–45.

52. Власенко, М.В. Водный режим видов семейства Роасеае в условиях засухи / М.В. Власенко, К.Ю. Трубакова // Аграрный вестник Урала. – 2019. – №11(190). – С. 2–8.

53. Войтович, Н.В. Плодородие почв Нечерноземной зоны и его моделирование / Н.В. Войтович. – М.: Колос, 1997. – 388 с.

54. Воробьев, Г.Т. Агрохимические свойства почв Брянской области и применение удобрений / Г.Т. Воробьев, А.И. Бобровский, П.В. Прудников. Брянск, 1995. – 122 с.

55. Воробьев, Г.Т. Почвы Брянской области / Г.Т. Воробьев. Брянск: «Грани», 1993. – 160 с.

56. Воробьев, Г.Т. Цезий-137 в почвах и продукции растениеводства Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей за 1986-1992 годы // Г.Т. Воробьев, Д.Е. Гучанов, А.А. Курганов, З.Н. Маркина, А.А. Новиков, В.А. Светов. – Брянск, 1993. – 91 с.

57. Воронов, С.И. Закономерности миграции ^{137}Cs в луговых экосистемах Московской области и эффективность защитных мероприятий в условиях радиоактивного загрязнения / С.И. Воронов, Н.И. Санжарова // Агрохимический вестник. – 2017. – № 6. – С. 14–18.

58. Гаврилова, А.Ю. Урожайность многолетних трав и плодородие дерново-подзолистой почвы при длительном внесении минеральных удобрений / А.Ю. Гаврилова, А.М. Конова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 2 (54). – С. 71–77.

59. Гамко, Л.Н. Качественные корма – путь к получению высокой продуктивности животных и птицы и экологически чистой продукции / Л.Н. Гамко, В.Е. Подольников, И.В. Малявко, Г.Г. Нуриев, А.Т. Мысик // Зоотехния. – 2016. – № 5. – С. 6–7.

60. Генкель, П.А. Физиология растений // П.А. Генкель. – М., 1975. – 336 с.

61. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01. – М.: Минздрав РФ, 2002. – 164 с.

62. Гончаренко, А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А.А. Гончаренко // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49–53.

63. Гродзинский, А.М. Аллеопатия растений и почвоутомление / А.М. Гродзинский. – Избр. труды Киев: Наукова Думка, 1991. – 430 с.

64. Губарева, О.С. Оценка радиологической эффективности комплексного применения смеси комбикормов с ферроцинсодержащими препаратами в хозяйствах юго-западных районов Брянской области / О.С. Губарева, Н.Н. Исамов, П.Н. Цыгвинцев, Е.И. Рясная, Е.Н. Алешкина // Радиация и риск. – 2017. – Т. 26, № 1. – С. 89–99.

65. Губарева, О.С. Потребность в ферроцинсодержащих препаратах для производства молока и мяса, соответствующего санитарно-гигиеническим нормативам, в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / О.С. Губарева, П.В. Прудников, П.Н. Цыгвинцев, Е.Н. Алешкина, Н.Н. Исамов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4 (68). – С. 46–51.

66. Денисов, А.А. Особенности формирования фитоценоза многолетних трав на Крайнем Севере / А.А. Денисов, А.С. Моторин // Вестник КрасГАУ. – 2021. – № 2 (167). – С. 17–25.

67. Добровольский, Г.В. Почвы речных пойм центра Русской равнины: 2-е издание / Г.В. Добровольский. – М.: МГУ, 2005. – 289 с.

68. Донских, Н.А. Урожайность многолетних злаковых травостоев и качество сырья в зависимости от срока скашивания в условиях Ленинградской области / Н.А. Донских, А.А. Лозовой // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 58. – С. 14–19.

69. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

70. Дубенок, Н.Н. Водный баланс агроландшафтов Центрального Черноземья и его регулирование // Н.Н. Дубенок, В.И. Сухарев. – М.: Колос, 2010. – 187 с.

71. Дубровских, Л.Н. Оптимизация минерального питания многолетних трав в Нечерноземье: результаты первого года пользования травостоем / Л.Н.

Дубровских, К.В. Шурыгин, М.В. Стеркин, В.В. Носов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 1 (379). – С. 31–33.

72. Дьяченко, В.В. Эффективность применения борофоски в качестве основного удобрения пролонгированного действия при возделывании люцерны изменчивой на серых лесных почвах центрального региона / В.В. Дьяченко, Н.И. Козловская, С.С. Седова, О.А. Зайцева, И.Д. Сазонова, Н.Н. Козловский // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 22–29.

73. Жезмер, Н.В. Травосмеси для долголетнего интенсивного использования сенокосов / Н.В. Жезмер, М.В. Благоразумова // Кормопроизводство. – 2011. – №10. – С. 17–18.

74. Железная, А.Б. Формулы Волобуева-Пакшиной и их использование // А.Б. Железная. – М.: 2006. – 80 с.

75. Жученко, А.А. Адаптивный потенциал культурных растений / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиница, 1990. – 768 с.

76. Жученко, А.А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке / А.А. Жученко. – Саратов, 2000. – 276 с.

77. Зайдельман, Ф.Р. Гидрологический режим почв Нечерноземной зоны / Ф.Р. Зайдельман. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 328 с.

78. Зверева, Г.К. Оценка состояния растительности на природных кормовых угодьях горного Алтая / Г.К. Зверева, С.Я. Сыева, Н.А. Карнаухова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2019. – № 1 (50). – С. 116–125.

79. Зотов, А.А. Природные кормовые угодья: методика определения экономической эффективности / А.А. Зотов, Е.П. Чирков, Н.А. Ларетин // Кормопроизводство. – 2011. – № 4. – С. 3–6.

80. Зыкин, В.А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, Д.Р. Исламгулов. – Уфа, 2011. – 99 с.

81. Иванов, А.И. Изменение калийного состояния хорошо окультуренной дерново-подзолистой почвы при применении калий-дефицитной системы удобрения / А.И. Иванов, И.А. Иванов, В.А. Воробьёв, Е.Г. Лямцева // Агрохимия. – 2009. – № 4. – С. 21–26.

82. Иванов, А.И. Эффективность систем удобрения с применением йода на однолетних травах / А.И. Иванов, П.С. Филиппова, П.А. Филиппов // Агрохимия. – 2021. – № 5. – С. 37–46.

83. Иванов, В.В. Статистики коррелированных радиоактивных загрязнений / В.В. Иванов, С.И. Спиридонов, Р.А. Микаилова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2018. – Т. 58, № 3. – С. 285–292.

84. Иванов, Д.А. Мониторинг влияния факторов природной среды на урожайность травостоев / Д.А. Иванов, М.В. Рублюк, О.В. Карасёва // Кормопроизводство. – 2019. – № 8. – С. 10–14.

85. Иванов, Д.А. Продуктивность и ботанический состав разновозрастных травостоев в условиях агроландшафта / Д.А. Иванов, В.А. Тюлин, Н.В. Гриц, И.В. Громцева // Доклады РАСХН. – 2010. – № 3. – С. 26–29.

86. Иванов, Н.Н. Об определении величины испаряемости / Н.Н. Иванов // Известия Всесоюзного Географического общества. – 1954. – Т. 86, № 2. – С. 189–195.

87. Иванов, Ю.И. Урожайность и качество одновидовых и смешанных посевов кормовых культур, возделываемых на зерносеяж при радиоактивном загрязнении / Ю.И. Иванов, И.Н. Белоус, С.Ф. Чесалин, А.С. Кононов // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 1. – С. 55–58.

88. Исамов, Н.Н. Оптимизация применения ферроцинсодержащих препаратов для производства на радиоактивно загрязненных территориях Брянской области мяса говядины, соответствующего санитарно-гигиеническим нормативам / Н.Н. Исамов, А.В. Панов, П.Н. Цыгвинцев, О.С. Губарева // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 12-1. – С. 154–158.

89. Исамов, Н.Н. Оценка экономической эффективности технологии производства продукции животноводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, после применения смеси комбикормов с ферроцинсодержащими препаратами в юго-западных районах Брянской области / Н.Н. Исамов, А.В. Панов, П.Н. Цыгвинцев, О.С. Губарева, Е.Н. Алешкина // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 4 (364). – С. 23–25.

90. Исамов, Н.Н. Оценка экономической эффективности технологии производства продукции животноводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, после применения смеси комбикормов с ферроцинсодержащими препаратами в юго-западных районах Брянской области / Н.Н. Исамов, А.В. Панов, П.Н. Цыгвинцев, О.С. Губарева, Е.Н. Алешкина // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2018. – № 4. – (364). – С. 23–25.

91. Исамов, Н.Н. Применение радиационных технологий для обеспечения безопасности продуктов животного происхождения / Н.Н. Исамов, Н.И. Санжарова, В.О. Кобялко, Г.В. Козьмин, А.Н. Павлов, О.С. Губарева, И.В. Полякова, Н.В. Урсу, Е.Н. Алешкина // Все о мясе. – 2017. – № 1. – С. 11–15.

92. Исамов, Н.Н.(мл.) Эффективность применения ферроцина для снижения содержания ^{137}Cs в молоке и мышечной ткани коров / Н.Н. Исамов (мл.), П.Н. Цыгвинцев, Н.Н. Исамов, Л.В. Пишенина // Вестник РАСХН. – 2013. – №6. – С. 46–48.

93. Каверин, А.В. Экологизация использования естественных кормовых угодий в агроландшафтах Мордовии: современное состояние, проблемы и перспективы / А.В. Каверин, В.В. Мунгин, А.В. Алферина, Д.Н. Василькина, И.С. Ушаков // Проблемы региональной экологии. – 2020. – № 6. – С. 56–59.

94. Кашеваров, Н.И. Проблемные вопросы сельского хозяйства и кормопроизводства / Н.И. Кашеваров. – Новосибирск, 2016. 106 с.

95. Кирпичников, Н.А. Влияние фосфорных удобрений, известкование и биопрепараты на растениях ячменя и клевера в смешанном посеве / Н.А. Кирпичников, А.А. Волков, Л.Б. Чернышкова, А.П. Юрков, Л.М. Якоби, А.П. Кожемяков, А.А. Завалин // Агрохимия. – 2012. – № 11. – С. 16–27.

96. Кисиль, Е.И. Урожайность многолетних трав в зависимости от способов обработки почвы / Е.И. Кисиль, А.А. Кисиль // В мире научных открытий. – 2017. – Т. 9, № 1-2. – С. 72–75.

97. Клыга, Е.Р. Сравнительная продуктивность возделывания многолетних трав в чистом виде и в травосмесях / Е.Р. Клыга // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2021. – № 57. – С. 191–200.

98. Князева, Е.П. Современное состояние природных кормовых угодий плавского плато среднерусской возвышенности в условиях радиоактивного загрязнения / Е.П. Князева, В.В. Коломейченко, В.К. Кузнецов // Кормопроизводство. – 2016. – № 9. – С. 12–17.

99. Князева, Е.П. Современные проблемы использования сенокосов и пастбищ, загрязненных радионуклидами / Е.П. Князева, В.В. Коломейченко, А.Н. Пикуль, В.К. Кузнецов // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 4 (79). – С. 9–15.

100. Козлова, Л.М. Влияние многолетнего использования кормовых бобово-злаковых травосмесей на урожайность культур в агрофитоценозах / Л.М. Козлова, А.К. Свечников // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35, №3. – С. 15–22.

101. Козьмин, Г.В. Закономерности поведения радиоактивных частиц в пищевой цепочке и желудочно-кишечном тракте крупного рогатого скота / Г.В. Козьмин, В.Г. Епимахов // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2015. – Т. 55, № 6. – С. 632–645.

102. Козьмин, Г.В. Основные закономерности формирования поглощенных доз при облучении сельскохозяйственных животных / Г.В. Козьмин, И.А. Сарапульцев, И.К. Хвостунов, И.М. Расин // Сельскохозяйственная радиозэкология / Под ред. Р.М. Алексахина и Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1991. – С. 128–156.

103. Коновалова, Н.Ю. Продуктивность бобово-злаковых агрофитоценозов при интенсивном использовании / Н.Ю. Коновалова, С.С. Коновалова // Агро-ЗooТехника. – 2020. – Т. 3, № 1. – С. 3.

104. Кононов, А.С. Агробιοлогическое обоснование продуктивности люпино-злаковых агроценозов / А.С. Кононов // Состояние и перспективы выращивания люпина в Северо-Западной зоне Российской Федерации. – Великие Луки, 1996. – С. 21–24.

105. Конончук, В.В. Урожайность, азотфиксирующая способность многолетних трав различного видового состава и поступление симбиотически связанного азота в малый биологический круговорот в центральном Нечерноземье / В.В. Конончук, В.Д. Штырхунов, Г.В. Благовещенский, С.М. Тимошенко, Т.О. Назарова, С.В. Соболев // Агрохимия. – 2019. – № 1. – С. 48–57.

106. Коренев, В.Б. Влияние возрастающих доз калийных удобрений на урожай и накопление ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами / В.Б. Коренев, Л.А. Воробьева // Агрохимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 20–22.

107. Коренев, В.Б. Урожайность кормовых и зерновых культур, и накопление ^{137}Cs в зависимости от внесения возрастающих доз калийных удобрений / В.Б. Коренев, Л.А. Воробьева, И.Н. Белоус // Вестник Брянской ГСХА. – 2013. – № 5. – С. 3–6.

108. Кормление сельскохозяйственных животных: учеб. для вузов / С.Н. Хохрин. – М.: КолосС, 2004. – 692 с.

109. Корнеев, Н.А. Снижение радиоактивности в растениях и продуктах животноводства / Н.А. Корнеев, А.Н. Сироткин, Н.В. Корнеева. – М.: Колос, 1977. – 208 с.

110. Косолапов В.М. Направления и задачи селекции кормовых трав в России / В.М. Косолапов, С.И. Костенко, С.В. Пилипко // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 2. – С. 21–24.

111. Косолапов, В.М. Агроэкологический потенциал природных кормовых угодий Западной Сибири / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Кормопроизводство. – 2020. – № 3. – С. 20–24.

112. Косолапов, В.М. Всероссийский НИИ кормов: итоги научной деятельности за 2010 и 2006-2010 годы / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов // Кормопроизводство. – 2011. – № 1. – С. 3–4.

113. Косолапов, В.М. Кормопроизводство – важный фактор продовольственной безопасности России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 3-3. – С. 523–527.
114. Косолапов, В.М. Кормопроизводство – основа органического сельского хозяйства России / В.М. Косолапов, С.А. Отрошко // *Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства*. – 2019. – № 2 (34). – С. 60–66.
115. Косолапов, В.М. Кормопроизводству – сбалансированное развитие / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова // *АПК: Экономика, управление*. – 2013. – № 7. – С. 15–23.
116. Косолапов, В.М. Лугопастбищные экосистемы в биосфере и сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // *Кормопроизводство*. – 2011. – № 3. – С. 5–8.
117. Косолапов, В.М. Мелиорация – важный фактор развития кормопроизводства / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2011. – №1. – С. 43–45.
118. Косолапов, В.М. Научные школы кормопроизводства России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов // *Кормопроизводство*. – 2012. – № 3. – С. 3–5.
119. Косолапов, В.М. Обеспечение устойчивого производства кормов / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // *Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук*. – 2018. – Т.1, № 1. – С. 110–111.
120. Косолапов, В.М. Повышение качества объемистых кормов / В.М. Косолапов, В.А. Бондарев, В.П. Клименко // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. – 2008. – № 5. – С. 20–24.
121. Косолапов, В.М. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России / В.М. Косолапов, В.И. Чернявских, С.И. Костенко // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 401–407.

122. Косолапов, В.М. Современное кормопроизводство – основа успешного развития АПК и продовольственной безопасности России / В.М. Косолапов // Земледелие. – 2009. – №6. – С. 3–5
123. Косолапов, В.М. Средообразование и кормопроизводство / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Адаптивное кормопроизводство. – 2012. – № 3. – С. 16–19.
124. Косолапов, В.М. Стратегия инновационного развития кормопроизводства / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012а. – № 1. – С. 16–18.
125. Косолапов, В.М. Уровни содержания протеина, нерастворимого в кислотном детергенте, в злаковых травах и кормах из них / В.М. Косолапов, Х.К. Худякова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 360–366.
126. Косолапов, В.М. Эффективность новых технологий приготовления кормов из трав / В.М. Косолапов, В.А. Бондарев, В.П. Клименко // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 7. – С. 39–42.
127. Кречетников, В.В. Радиационная обстановка в сельских населенных пунктах Новозыбковского района Брянской области по итогам паспортизации / В.В. Кречетников, И.Е. Титов, О.А. Шубина, В.В. Володин, Е.В. Гордиенко // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4 (68). – С. 51–56.
128. Крышев, И.И. Анализ риска по данным радиоэкологического мониторинга / И.И. Крышев, Т.Г. Сазыкина, А.И. Крышев, К.Д. Санина // Атомная энергия. – 2009. – Т. 106, № 6. – С. 332–339.
129. Кузнецов, В.К. Агрохимические мероприятия в адаптивно-ландшафтном земледелии на радиоактивно загрязненных территориях / В.К. Кузнецов, А.И. Санжаров, В.П. Грунская, Н.В. Андреева // Агрохимический вестник. – 2018. – № 1. – С. 34–37.
130. Кузнецов, В.К. Агроэкологические исследования – основа устойчивого функционирования сельского хозяйства в условиях техногенеза / В.К. Кузне-

цов, В.С. Анисимов, Н.Н. Исамов // История науки и техники. – 2020. – № 7. – С. 104–114.

131. Кузнецов, В.К. Оценка влияния длительного применения минеральных удобрений на свойства почв, качество продукции и накопление ^{137}Cs урожаем зерновых культур / В.К. Кузнецов, Н.И. Санжарова, С.В. Серегин, В.П. Грунская, В.И. Бровкин // Агрохимия. – 2017. – № 2. – С. 64–72.

132. Кузнецов, В.К. Оценка эффективности реабилитации лугопастбищных угодий на различных этапах после аварии на Чернобыльской АЭС / В.К. Кузнецов, Н.Н. Исамов, А.В. Панов // Радиация и риск. – 2021. – Т. 30, № 2. – С. 50–61.

133. Кузнецов, В.К. Радиационно-экологический мониторинг агроэкосистем в зоне воздействия АЭС: методология и результаты исследований / В.К. Кузнецов, Н.И. Санжарова, А.В. Панов, Н.Н. Исамов // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2019. – Т. 64, № 4. – С. 25–31.

134. Кузнецов, И.Ю. Энергетическая эффективность одновидовых и смешанных посевов однолетних кормовых культур / И.Ю. Кузнецов, В.А. Бочкина, В.А. Минеева // Кормопроизводство. – 2014. – №1. – С. 20–22.

135. Кузьменко, И.Т. Почвы и первичная биологическая продуктивность пойм рек Центральной России / И.Т. Кузьменко, М.П. Павлова, Р.Т. Богомолова, А.Н. Тюрюканов, Л.А. Шкуренок. – М.: Наука, 1977. – 150 с.

136. Кутузова, А.А. Основные направления развития лугового кормопроизводства в России / А.А. Кутузова, Д.М. Тебердиев, К.Н. Привалова, А.В. Родионова, Е.Е. Проворная, Н.В. Жезмер // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 2. – С. 17–20.

137. Кутузова, А.А. Перспективные технологии консервации пашни переводом в сенокосы в лесной зоне России / А.А. Кутузова, И.В. Степанищев // Кормопроизводство. – 2012. – № 6. – С. 11–13.

138. Кутузова, А.А. Прогнозирование урожайности сенокосов и пастбищ в связи с глобальными изменениями климата / А.А. Кутузова, Д.М. Тебердиев, В.Н. Ковшова, А.В. Родионова // Кормопроизводство. – 2011. – №7. – С. 3–6.

139. Кутузова, А.А. Эффективность низкзатратных способов улучшения сенокосов и пастбищ / А.А. Кутузова, К.Н. Привалова // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 2. – С. 52–54.
140. Кутузова, А.А. Эффективность усовершенствованных технологий создания пастбищных травостоев с использованием новых сортов бобовых видов и агротехнических приёмов / А.А. Кутузова, Е.Е. Проворная, Н.С. Цыбенко // Кормопроизводство. – 2019. – № 1. – С. 7–11.
141. Лапенко, Н.Г. Пастбищные угодья восточного Ставрополя – основа развития животноводства / Н.Г. Лапенко, Л.Р. Оганян // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 4. – С. 38–42.
142. Ларетин, Н. Российский и зарубежный опыт развития лугопастбищного хозяйства / Н. Ларетин, А. Зотов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2012. – № 6. – С. 59.
143. Ларетин, Н.А. Методические основы определения экономической эффективности сенокосов и пастбищ / Н.А. Ларетин, Е.П. Чирков // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2011. – № 8. – С. 23–27.
144. Ларетин, Н.А. Методологические аспекты формирования устойчивого кормопроизводства / Н.А. Ларетин, Е.П. Чирков // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. – № 3. – С. 59–61.
145. Ларетин, Н.А. О разработке и реализации комплексной научно-технической программы развития кормовой базы молочного скотоводства / Н.А. Ларетин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2017. – № 3. – С. 27–34.
146. Ларетин, Н.А. Организация специализированного кормопроизводства в животноводческих хозяйствах молочного направления российского Нечерноземья / Н.А. Ларетин, А.С. Шпаков // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2015. – № 2 (18). – С. 169–177.

147. Ларетин, Н.А. Перспективы и прогноз развития кормовой базы животноводства России / Н.А. Ларетин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2013. – № 12. – С. 12–16.
148. Ларетин, Н.А. Повышение эффективности лугопастбищного хозяйства в условиях российского Нечерноземья / Н.А. Ларетин // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2010. – № 12. – С. 10–13.
149. Ларетин, Н.А. Специализация кормопроизводства и управление / Н.А. Ларетин, Е.П. Чирков, А.О. Храмченкова, М.А. Бабьяк // Экономика сельского хозяйства России. – 2018. – № 7. – С. 43–50.
150. Ларетин, Н.А. Стратегия устойчивого развития кормопроизводства / Ларетин Н.А. // АПК: Экономика, управление. – 2011. – № 9. – С. 68–72.
151. Ларетин, Н.А. Экономические проблемы и пути развития кормовой базы молочно-мясного скотоводства Нечернозёмной зоны России / Н.А. Ларетин // Кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 6–10.
152. Ларетин, Н.А. Экономическое обоснование методологических основ и приоритетных направлений развития кормовой базы молочного скотоводства / Н.А. Ларетин, Е.П. Чирков // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2017. – № 1 (25). – С. 61–69.
153. Леонова, Н.В. Оценка применения удобрений и мелиорантов на почвах, загрязненных радиоактивными осадками / Н.В. Леонова, П.В. Прудников // Агрохимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 8–11.
154. Лукашевич, Н.П. Продуктивность многолетних агрофитоценозов в северной части республики Беларусь / Н.П. Лукашевич, Н.Н. Зенькова, Т.М. Шлома, И.В. Ковалева // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. – 2019. – Т. 55, № 2. – С. 150–154.
155. Лукашов, В.Н. Продуктивность, питательная и энергетическая ценность травосмесей фестулолиума с бобовыми при разных способах посева в условиях Калужской области / В.Н. Лукашов, А.Н. Исаков // Кормопроизводство. – 2020. – № 2. – С. 13–17.

156. Лукашов, В.Н. Эффективность использования многолетних трав и однолетних кормовых культур в Калужской области / В.Н. Лукашов, А.Н. Исаков // Кормопроизводство. – 2015. – № 2. – С. 19–23.

157. Магомедов, К.Г. Оптимизация пастбищной нагрузки / К.Г. Магомедов, Р.К. Камилов // Проблемы развития АПК региона. – 2021. – № 1 (45). – С. 144–148.

158. Мазитов, Н.К. Резервы повышения продуктивности естественных и сеяных сенокосов и пастбищ в засушливых условиях / Н.К. Мазитов, Ф.Х. Хабибуллин, О.Л. Шайтанов, Р.Л. Сахапов, С.Ю. Дмитриев // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №7. – С. 73–75.

159. Мамеев, В.В. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области / В.В. Мамеев, В.Е. Ториков // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1. – С. 55–62.

160. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / Богдевич И.М., Сафроновская Г.М., Терещенко Н.Д. и др. – Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2010. – 20 с.

161. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. – М.: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, 1971. Часть 1. – 232 с.

162. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. – М.: ЦИНАО, 1985. – 20 с.

163. Методические указания по оценке качества и питательности кормов. – М.: ЦИНАО, 2002. – 76 с.

164. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник // В.Г. Минеев. – Москва, 2017. – 854 с.

165. Мушкин, И.Г. Тепловой и водный баланс хлопкового поля // И.Г. Мушкин, В.К. Гафуров. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 114 с.

166. Новиков, М.Н. Эффективность гетерогенных люпино-злаковых посевов в условиях Владимирской области / М.Н. Новиков, В.Н. Баринев, И.П. Таку-

нов, П.А. Агеева // Научное обеспечение люпиносеяния в России. Тезисы докл. межд. научн.-практ. конференции. – Брянск, 2005. – С. 126.

167. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – Москва, 2003. – 456 с.

168. Павлова, О.В. Урожайность травосмесей из многолетних трав в зависимости от фона минерального питания на лугово-бурой оподзоленной почве в условиях Приморского края / О.В. Павлова, Т.В. Наумова, А.А. Авраменко // Кормопроизводство. – 2020. – № 7. – С. 8–12.

169. Павлова, С.А. Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей на зеленый конвейер в условиях центральной Якутии / С.А. Павлова, Е.С. Пестерева, Г.Е. Захарова, А.В. Кузьмина // Аграрная наука. – 2019. – № 2. – С. 64–66.

170. Пакшина, С.М. Биовынос ^{137}Cs из почвы многолетними мятликовыми травами в связи с минеральным питанием и доступностью почвенной влаги / С.М. Пакшина, В.Ф. Шаповалов, С.Ф. Чесалин, Е.В. Смольский, В.Б. Коренев // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 4. – С. 832–841.

171. Пакшина, С.М. Биовынос цезия-137 из почвы продукцией растениеводства: монография / С.М. Пакшина, Н.М. Белоус. – Брянск: БГАУ, 2018. – 125 с.

172. Пакшина, С.М. Влияние двойных электрических слоёв поверхности корня и почвенных частиц на доступность питательных элементов растениям / С.М. Пакшина, В.Р. Петухов // Агрохимия. – 1976. – № 5. – С. 97–102.

173. Пакшина, С.М. Исследование влияния питательного и водного режимов серой лесной почвы на поглощение фотосинтетически активной радиации зерновыми культурами в период вегетации / С.М. Пакшина, А.Е. Колыхалина // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 4. – С. 17–22.

174. Пакшина, С.М. К теории биологического выноса элементов питания из почвы посевами мятликовых трав при внесении минерального удобрения / С.М. Пакшина, Н.М. Белоус, С.Ф. Чесалин, Е.В. Смольский // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 3. – С. 52–65.

175. Пакшина, С.М. Расчет коэффициента накопления ^{137}Cs фитомассой мятликовых трав / Пакшина С.М., Белоус Н.М., Смольский Е.В., Силаев А.Л. // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №6. – С. 21–32.

176. Пакшина, С.М. Сборник задач по почвоведению. Почвенные процессы, формулы, расчеты / С.М. Пакшина, Н.А. Сковородникова. – Брянск, 2010. 98 с.

177. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и урожай // В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

178. Панов, А.В. Анализ национальной системы нормативного и правового обеспечения радиационной безопасности населения и охраны окружающей среды вблизи объектов и территорий, загрязнённых техногенными и природными радионуклидами в результате прошлой деятельности / А.В. Панов, Н.И. Санжарова, А.Н. Переволоцкий, Т.В. Переволоцкая, В.С. Наумов // Радиация и риск. – 2017. – Т. 26, № 2. – С. 107–121.

179. Панов, А.В. Анализ подходов к радиационно-экологическому мониторингу в районах размещения ядерно и радиационно опасных объектов. Обзор / А.В. Панов, Н.И. Санжарова, В.К. Кузнецов, С.И. Спиридонов, Д.Н. Курбаков // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2019. – Т. 28, № 3. – С. 75–95.

180. Панов, А.В. Возвращение радиоактивно загрязненных территорий к нормальной жизнедеятельности: современные проблемы и пути решения (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) / А.В. Панов // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2021. – № 1. – С. 5–13.

181. Панов, А.В. Изменение эффективности защитных мероприятий по снижению накопления Cs сельскохозяйственными растениями в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, Р.М. Алексахин, А.А. Музалевская // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2011. – Т. 51. № 1. – С. 134–153.

182. Панов, А.В. Методология оценки рисков для агроэкосистем в условиях техногенного загрязнения / А.В. Панов, Т.В. Переволоцкая // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55, № 3. – С. 468–480.

183. Панов, А.В. Оценка и прогноз уровней загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию от аварии на Чернобыльской АЭС // А.В. Панов, Е.В. Гордиенко, П.В. Прудников // Агрохимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 9–14.

184. Панов, А.В. Радиологический контроль продукции животноводства и кормопроизводства юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС / А.В. Панов, Н.Н. Исамов, Н.И. Санжарова, Ю.А. Рыбалко // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2015. – № 4(16). – С. 91–99.

185. Панов, А.В. Радиоэкологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, П.В. Прудников, И.Е. Титов, В.В. Кречетников, А.Н. Ратников, О.А. Шубина // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 25–35.

186. Панов, А.В. Технологии ведения животноводства при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) / А.В. Панов, Н.Н. Исамов, О.С. Губарева, П.Н. Цыгвинцев, А.Н. Ратников, Е.Н. Алешкина // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 4. – С. 58–63.

187. Панов, А.В. Эффективность мероприятий, направленных на снижение доз облучения жителей сельских населенных пунктов в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, С.В. Фесенко, Р.М. Алексахин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. – Т. 41, №6. – С. 682–694.

188. Пенман, Х. Круговорот воды. Биосфера / Х. Пенман. – М.: «Мир», 1972. – С. 60–72.

189. Петрук, В.А. Урожайность многолетних трав и травосмесей при разных сроках посева в Западной Сибири / В.А. Петрук // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 1 (54). – С. 24–32.

190. Побережский, Л.Н. Водный баланс зоны аэрации в условиях орошения // Л.Н. Побережский. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 159 с.
191. 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.Ф. Тимофеев // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2007. – Т 47, № 3. – С. 356–370.
192. Подоляк, А.Г. Рекомендации по использованию загрязненных радионуклидами пойменных земель белорусского Полесья / А.Г. Подоляк, С.Ф. Тимофеев, Н.В. Гребенщикова. – Гомель, 2001. – 27 с.
193. Подоляк, А.Г. Рекомендации по использованию загрязненных радионуклидами пойменных земель Белорусского Полесья / А.Г. Подоляк, С.Ф. Тимофеев, Н.В. Гребенщикова. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2001. – 27 с.
194. Подоляк, Л.Г. Прогнозирование накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв / Л.Г. Подоляк, С.Ф. Тимофеев, Н.В. Гребенщикова, Т.В. Арастович, В. Жданович // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 1. – С. 100–111.
195. Практикум по агрохимии / под редакцией профессора В.Г. Минеева. – М.: МГУ, 2001. – 689 с.
196. Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области. – Брянск: Приокское книжное издательство, 1975. – 611 с.
197. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: коллективная монография в двух частях. Ч. 1. Современное состояние / отв. ред: Е. В. Просянных, В. Е. Ториков. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2020. – 212 с.
198. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России: коллективная монография в двух частях. Ч. 2. Рационально-эффективное использование / отв. ред: Е. В. Просянных, В. Е. Ториков. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2021. – 236 с.
199. Пристер, Б.С. Проблема применения контрмер в сельском хозяйстве Украины после аварии на Чернобыльской АЭС / Б.С. Пристер, Ю.А. Иванов, Л.В. Перепелятникова // Вестник аграрной науки. – №4. – 1996. – С. 74–81.

200. Программа и методика исследований в Географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химзащиты в земледелии. – М.: ВИУА, 1990. – 187 с.

201. Прокошев, В.В. О необходимости применения калийных удобрений / В.В. Прокошев // Плодородие. – 2002. – № 1. – С. 18-20.

202. Просянных, Д.Е. Современное состояние экосистемы правобережной поймы Средней Десны и перспективы её рационального использования / Д.Е. Просянных, П.Н. Балабко, Е.В. Просянных, Г.В. Чекин //Агрохимический вестник. – 2012. – № 5. – С. 9–13.

203. Просянных, Е.В. 35 лет после аварии на Чернобыльской АЭС – нужны ли реабилитационные мероприятия на сельскохозяйственных угодьях ? / Е.В. Просянных, Л.А. Зверева, А.Л. Силаев // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2021. – Т. 30, № 4. – С. 131–142.

204. Просянных, Е.В. Адаптивный подход к использованию пойменных угодий, загрязненных цезием / Е.В. Просянных, А.Л. Силаев // Кормопроизводство. – 1999. – № 2. – С. 11–14.

205. Просянных, Е.В. Радиоэкологические аспекты адаптивного использования естественных пойменных кормовых угодий / Е.В. Просянных, И.А. Кошелев, А.Л. Силаев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2000. – № 3. – С. 35–38.

206. Протасова, Н.А. Особенности формирования микроэлементного состава зональных почв Центрального Черноземья / Н.А. Протасова, А.П. Щербаков // Почвоведение. – 2004. – №1. – С. 50–59.

207. Прохорова, Н.В. Ландшафтный подход в региональных эколого-геохимических исследованиях / Н.В. Прохорова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2004. – Т.6. – № 2. – С. 259–265.

208. Прохорова, Н.В. Ландшафтный подход в региональных эколого-геохимических исследованиях / Н.В. Прохорова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2004. – Т.6. – № 2. – С. 259–265.

209. Прудников, П.В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв Брянской области / П.В. Прудников, С.В. Карпеченко, А.А. Новиков, Н.Г. Поликарпов. – Брянск: Изд-во ГУП «Клинцовская городская типография», 2007. – 608 с.

210. Прудников, П.В. Использование местных агроруд для известкования и удобрения почв Брянской области / П.В. Прудников // Плодородие. – 2007. – № 5. – С. 25–26.

211. Прудников, П.В. Эффективность агрохимических мероприятий при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий / П.В. Прудников, Л.А. Ковалев, З.Н. Маркина // Агрохимический вестник. – 2006. – № 2. – С. 8–10.

212. Ратников, А.Н. Влияние реабилитационных мероприятий на поведение ^{137}Cs в сельскохозяйственных экосистемах южных районов Калужской области / А.Н. Ратников, Т.Л. Жигарева, Г.И. Попова // Агрохимический вестник. – 2009. – № 2. – С. 4–7.

213. Ратников, А.Н. Реабилитационные мероприятия на сельскохозяйственных угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению / А.Н. Ратников, Г.И. Попова, Д.Г. Свириденко, С.П. Арышева, А.А. Суслов, К.В. Петров, С.П. Торшин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 18–34.

214. Ратников, А.Н. Эффективность реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны РФ / А.Н. Ратников, С.П. Арышева, Д.Г. Свириденко, Г.И. Попова, К.В. Петров, Л.И. Ратникова // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2018. – Т. 42, № 3. – С. 459–466.

215. Санжарова, Н.И. Авария на Чернобыльской АЭС и проблемы реабилитации сельскохозяйственных территорий / Н.И. Санжарова, А.Н. Ратников, С.В. Фесенко, А.В. Панов, О.А. Шубина // История науки и техники. – 2020. – № 7. – С. 73–89.

216. Санжарова, Н.И. Авария на Чернобыльской АЭС и проблемы реабилитации сельскохозяйственных территорий / Н.И. Санжарова, А.Н. Ратников, С.В.

Фесенко, А.В. Панов, О.А. Шубина // История науки и техники. – 2020. – № 7. – С. 73–89.

217. Санжарова, Н.И. Защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве: к 30-летию аварии на ЧАЭС / Н.И. Санжарова, А.В. Панов, Н.Н. Исамов, П.В. Прудников // Агрохимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 5–9.

218. Санжарова, Н.И. Изменение радиационной обстановки в сельском хозяйстве после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.И. Санжарова // Агрохимический вестник. – 2010. – №2. – С. 6–9.

219. Санжарова, Н.И. Современное состояние исследований поведения ^{90}Sr в системе почва-сельскохозяйственные растения (обзор) / Н.И. Санжарова, И.В. Гешель, Д.В. Крыленкин, Е.В. Гордиенко // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2019. – Т. 59, № 6. – С. 643–655.

220. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1991. – 396 с.

221. Сельскохозяйственная энциклопедия. – М.: «Советская энциклопедия» 1972, Т. 3. – С. 270-272.

222. Семенов, В.М. Почвенное органическое вещество / В.М. Семенов, Б.М. Когут. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.

223. Семенов, Н.А. Научное обоснование освоения разновозрастных залежей в луговые угодья в Нечерноземной зоне / Н.А. Семенов, Н.А. Муромцев, А.Н. Снитко // Кормопроизводство. – 2016. – № 3. – С. 3–5.

224. Серебренников, Ю.И. Пластичность и стабильность ярового ячменя по урожаю зерна и массе 1000 зерен / Ю.И. Серебренников // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2020. – № 2. – С. 50–59.

225. Серегин, М.В. Урожайность и кормовая продуктивность многолетних травосмесей / М.В. Серегин // E-Scio. – 2020. – № 4 (43). – С. 214–217.

226. Силаев, А.Л. Современное состояние пастбищ радиоактивно загрязненных пойменных лугов юго-запада Брянской области / А.Л. Силаев, Е.В. Смольский, Г.В. Чекин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 5 (81). – С. 9–14.

227. Силаев, А.Л. Содержание микроэлементов в аллювиальных почвах ландшафта поймы р. Ипуть / А.Л. Силаев, С.Ф. Чесалин, Г.В. Чекин, Е.В. Смольский // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 8. – С. 34–38.

228. Силаева, Л.П. Развитие и размещение производства кормов в Российской Федерации / Л.П. Силаева, С.А. Алексеев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С. 153–157.

229. Силаева, Л.П. Размещение производства кормовых культур при кооперации сельхозпроизводителей / Силаева Л.П. // Фундаментальные и прикладные исследования кооперативного сектора экономики. – 2021. – № 1. – С. 42–49.

230. Силаева, Л.П. Эффективность размещения и производства кормовых культур / Л.П. Силаева, А.Е. Меньшова, С.А. Алексеев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №6. – С. 42–48.

231. Смольский, Е.В. Ведение лугового кормопроизводства в Российской Федерации и Республике Беларусь при радиоактивном загрязнении территорий / Е.В. Смольский, А.Г. Подоляк, И.Н. Белоус, А.Ф. Карпенко, Т.В. Дробышевская // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – №11. – С. 30–34.

232. Смольский, Е.В. Применение минеральных удобрений в условиях радиоактивно загрязненного пойменного луга / Е.В. Смольский, Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Л.П. Харкевич, С.Ф. Чесалин, К.А. Сердюкова // Агрохимия. – 2018. – № 1. – С. 87–96.

233. Совещание по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. № 8. – С. 2–9.

234. Солошенко, В.М. Развитие кормовой базы молочного скотоводства / В.М. Солошенко, В.И. Векленко // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 7. – С. 155–160.

235. Спиридонов, С.И. Вероятностная оценка накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и допустимых уровней радиоактивного загряз-

нения почв / С.И. Спиридонов, В.В. Иванов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2013. – Т. 53, № 1. – С. 95–103.

236. Спиридонов, С.И. Вероятностный подход к санитарно-гигиеническому нормированию содержания загрязняющих веществ в почве / С.И. Спиридонов, В.С. Анисимов, К.И. Одинцов // Доклады РАСХН. – 2013. – № 5. – С. 32–35.

237. Спиридонов, С.И. Неопределённости в оценке радиационного воздействия на биоту в районах расположения объектов использования атомной энергии / С.И. Спиридонов, В.Э. Нуштаева // Радиация и риск. – 2021. – Т. 30. № 3. – С. 112–123.

238. Спиридонов, С.И. Оценка радиоэкологических рисков для природных экосистем при аварийных выбросах предприятий ядерного топливного цикла / С.И. Спиридонов, Р.А. Микаилова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2015. – Т. 55, № 2. – С. 197–206.

239. Спиридонов, С.И. Радиоэкологическая оценка кормовых сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области на основе комплекса статистических моделей / С.И. Спиридонов, В.В. Иванов, И.Е. Титов, В.Э. Нуштаева // Радиация и риск. – 2021. – Т. 30, № 2. – С. 38–49.

240. Столярчук, Е.И. Влияние ботанического состава пастбищных агрофитоценозов на урожайность многолетних трав / Е.И. Столярчук, В.В. Вахрушева // АгроЗооТехника. – 2020. – Т. 3, № 4. – С. 5.

241. Сухарев, В.И. Разработка методологии и методики определения дефицитов водопотребления сельскохозяйственных культур / В.И. Сухарев, Т.А. Елизарова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №8. – С. 128–130.

242. Сычев, В.Г. Влияние калийных удобрений на содержание цезия-137 в зеленой массе природных кормовых угодий при поверхностном улучшении / В.Г. Сычев, Н.М. Белоус, Е.В. Смольский // Плодородие. – 2012. – № 1. – С. 2–4.

243. Сычев, В.Г. Приёмы оптимизации фосфатного режима почв в агротехнологиях / В.Г. Сычев, Н.А. Кирпичников. – М.: ВНИИА, 2009. – 152 с.

244. Сычёв, В.Г. Современное состояние и динамика плодородия пахотных почв России / В.Г. Сычёв, М.И. Лунёв, А.В. Павлихина // Плодородие. – 2012. – № 4. – С. 5–7.

245. Сычев, В.Г. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС) // В.Г. Сычев, В.И. Лунёв, П.М. Орлов, Н.М. Белоус. – М.: ВНИИА, 2016. – 184 с.

246. Такунов, И.П. Адаптивный потенциал и урожайность люпина в смешанных агрофитоценозах / И.П. Такунов, А.С. Кононов // Аграрная наука. – 1995. – №1. – С.41–42.

247. Такунов, И.П. Люпино-злаковые травосмеси // Кормопроизводство. – 1996. – №1. – С. 37.

248. Тебердиев, Д.М. Травосмеси для создания пастбищ / Д.М. Тебердиев, М.А. Щанникова // Кормопроизводство. – 2016. – №11. – С.14–18

249. Титов, И.Е. Апробация технологий реабилитации сельскохозяйственных угодий с высокими уровнями радиоактивного загрязнения, временно выведенных из землепользования после аварии на ЧАЭС / И.Е. Титов, О.А. Шубина, Н.И. Санжарова, Т.Л. Жигарева, В.К. Кузнецов // Радиация и риск. – 2012. – Т. 21, № 2. – С. 33–38.

250. Торикив, В.Е. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения / В.Е. Торикив, М.В. Котикив, А.А. Осипов, В.В. Седов // Вестник Брянской ГСХА. – 2020. – № 3. – С. 26–32.

251. Трофимов, И.А. Земледелие, кормопроизводство и разработка природоохранных, адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2-3 (82). – С. 494–503.

252. Трофимов, И.А. Кормопроизводство в развитии сельского хозяйства России / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Адаптивное кормопроизводство. – 2011. – № 1. – С. 4–8.

253. Трофимов, И.А. Оценка агроландшафтов, вызовы их мониторинга и управления / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 72. – С. 343–347.
254. Трофимов, И.А. Повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель России / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Зерновое хозяйство России. – 2011а. – № 4. – С. 46–56.
255. Трофимов, И.А. Проблема опустынивания земель в России / И.А. Трофимов, З.Ш. Шамсутдинов, Л.С. Трофимова, Э.З. Шамсутдинова, Е.П. Яковлева, Н.С. Орловский // Земледелие. – 2010. – № 7. – С. 7–9.
256. Трофимов, И.А. Продуктивность природных кормовых угодий России / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2016. – № 1 (145). – С. 42–50.
257. Трофимов, И.А. Травяные экосистемы в сельском хозяйстве России / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2010. – № 4. – С. 37–40.
258. Трофимова, Л.С. Луговые экосистемы в биосфере, агроландшафтах и сельском хозяйстве России и мира / Л.С. Трофимова, В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Е.П. Яковлева // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3-3. – С. 528–532.
259. Трофимова, Л.С. Продуктивный и средообразующий потенциал луговых агрофитоценозов и пути его повышения / Л.С. Трофимова, В.А. Кулаков, С.А. Новиков // Кормопроизводство. – 2008. – № 9. – С. 17–19.
260. Трофимова, Л.С. Управление травяными экосистемами из многолетних трав / Л.С. Трофимова, В.А. Кулаков // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – № 4. – С. 67–69.
261. Фесенко, С.В. Закономерности изменения содержания ^{137}Cs в молоке в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / С.В. Фесенко, А.Ю. Пахомов, А.Д. Пастернак, В.А. Горяинов, Г.А. Фесенко, А.В. Панов // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2004. – Т. 44, №3. – С. 336–345.

262. Фесенко, С.В. Применение математических методов в радиоэкологии / С.В. Фесенко, С.И. Спиридонов // История науки и техники. – 2020. – № 7. – С. 115–125.
263. Фокин, А.Д. Сельскохозяйственная радиология / А.Д. Фокин, А.А. Лурье, С.П. Трошин. – СПб.: Лань, 2011. – 416 с.
264. Харкевич Л.П., Белоус И.Н., Анишина Ю.А. Реабилитации радиоактивно загрязненных сенокосов и пастбищ: монография // Л.П. Харкевич, И.Н. Белоус, Ю.А. Анишина. – Брянск, 2011. – 211 с.
265. Харкевич, Л.П. Обработка почвы и удобрение многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / Л.П. Харкевич, А.Л. Силаев, Ю.А. Анишина, Д.Н. Прищеп // Агрохимический вестник. – 2012. – №5. – С. 25–27.
266. Харкевич, Л.П. Реабилитации радиоактивно загрязненных сенокосов и пастбищ: монография / Л.П. Харкевич, И.Н. Белоус, Ю.А. Анишина. – Брянск, 2011. – 211 с.
267. Харкевич, Л.П. Эффективность применения минеральных удобрений на естественном травостое пойменного луга / Л.П. Харкевич, С.Ф. Чесалин, Н.К. Жолудева, А.П. Сердюков, Л.М. Батуро // Кормопроизводство. – 2015. – №6. – С. 13–17.
268. Хонина, О.В. Низкозатратные приемы улучшения сенокосов и пастбищ с целью повышения их продуктивности и качества / О.В. Хонина // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2020. – Т. 9, № 1. – С. 195–198.
269. Хонина, О.В. Современное состояние естественных кормовых угодий Ставрополя и способы их улучшения / О.В. Хонина // Новости науки в АПК. – 2019. – № 3 (12). – С. 477–481.
270. Худоногова, Е.Г. Характеристика пастбищ степного природного комплекса юго-западного Предбайкалья / Е.Г. Худоногова, А.А. Михляева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 3 (161). – С. 67–71.

271. Цыбулько, Н.Н. Почвенно-радиозэкологическое районирование радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных земель Беларуси и России / Н.Н. Цыбулько, А.В. Панов, И.Е. Титов, В.В. Кречетников // Радиация и риск. – 2020. – Т. 29, № 2. – С. 115–127.

272. Чеботарев, Н.Т. Влияние минеральных удобрений и известкования на свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность бобово-злаковой травосмеси в условиях республики Коми / Н.Т. Чеботарев, О.В. Броварова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22, № 3. – С. 385–392.

273. Чекмарев П.А. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области / П.А. Чекмарев, П.В. Прудников // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 7. – С. 24–33.

274. Чесалин, С.Ф. Калийные удобрения в продуктивности кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения территории / С.Ф. Чесалин, Е.В. Смольский, Л.П. Харкевич // Аграрная наука. – 2020. – № 11-12. – С. 108–111.

275. Чесалин, С.Ф. Применения минеральных удобрений при коренном улучшении радиоактивно загрязненных пойменных угодий / С.Ф. Чесалин, А.П. Сердюков, Л.М. Батуро, Н.К. Жолудева // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30, № 4. – С. 45–49.

276. Чесалин, С.Ф. Радиозэкологическая оценка калийных удобрений в кормопроизводстве в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / С.Ф. Чесалин, В.Ф. Шаповалов, Г.П. Малявко, Е.В. Смольский, Л.П. Харкевич // Плодородие. – 2021а. – № 5 (122). – С. 90–94.

277. Чесалин, С.Ф. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в условиях запада Брянской области / С.Ф. Чесалин, Е.В. Смольский, М.М. Нечаев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2021. – № 1 (58). – С. 64–74.

278. Чесалин, С.Ф. Современное распределение ^{137}Cs в почвах естественных кормовых угодий / С.Ф. Чесалин, А.Л. Силаев, Г.В. Чекин, Е.В. Смольский //

Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021б. – № 6. – С. 28–34.

279. Чирков, Е.П. Методические основы экономической оценки эффективности кормопроизводства / Е.П. Чирков, А.О. Храмченкова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2 (72). – С. 35–44.

280. Чирков, Е.П. Методологические подходы к определению экономической эффективности использования естественных кормовых угодий / Е.П. Чирков, А.О. Храмченкова, М.А. Бабьяк, Н.А. Ларетин // АПК: Экономика, управление. – 2017. – № 11. – С. 40–51.

281. Чирков, Е.П. Особенности исследования экономической эффективности в аграрном секторе экономики / Е.П. Чирков, А.О. Храмченкова // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 6 (70). – С. 53–59.

282. Чирков, Е.П. Природные кормовые угодья: эффективность использования и перспективы развития / Е.П. Чирков, Н.А. Ларетин, С.В. Герасименкова // АПК: Экономика, управление. – 2009. – № 12. – С. 72–76.

283. Чирков, Е.П. Роль лугопастбищного хозяйства в воспроизводстве кормовой базы / Е.П. Чирков, Т.В. Дробышевская // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 5. – С. 21–32.

284. Чирков, Е.П. Система ведения кормопроизводства в условиях инновационного развития / Е.П. Чирков, А.В. Дронов, Н.А. Ларетин // АПК: регионы России. – 2012. – № 9. – С. 36–42.

285. Чирков, Е.П. Система ведения отрасли кормопроизводства в условиях инновационно-инвестиционного развития / Е.П. Чирков // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 2 (42). – С. 102–112.

286. Чирков, Е.П. Экономическая сущность и значение интенсификации лугопастбищного хозяйства, её критерии и показатели в условиях радиоактивного загрязнения (на примере юго-западных районов Брянской области) / Е.П. Чирков, Т.В. Дробышевская // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 1. – С. 33–39.

287. Чирков, Е.П. Экономическое значение информационно-

консультационного обеспечения ведения лугопастбищного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории / Е.П. Чирков, И.Н. Белоус, Е.В. Смольский, Т.В. Дробышевская // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2019. – № 7. – С. 29–35.

288. Шамсутдинов, З.Ш. Галофиты в России, их экологическая оценка и использование / З.Ш. Шамсутдинов, И.В. Савченко, Н.З. Шамсутдинов. – М.: 2000. – 399 с.

289. Шаповалов, В.Ф. Влияние систем удобрений на продуктивность и содержание цезия-137 в урожае / В.Ф. Шаповалов, Л.П. Харкевич, Н.М. Белоус // Агрохимический вестник. – 2007. – № 1. – С. 11–12.

290. Шаповалов, В.Ф. Продуктивность и качество одновидовых и смешанных посевов кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения / В.Ф. Шаповалов, Н.М. Белоус, И.Н. Белоус, Ю.И. Иванов // Агрохимический вестник. – 2015. – № 5. – С. 29–31.

291. Шаповалов, В.Ф. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом цезий-137 / В.Ф. Шаповалов, В.Г. Плющиков, Н.М. Белоус, А.А. Курганов // Вестник РУДН. Серия «Агрономия и животноводство». – 2014. – № 1. – С. 13–20.

292. Шатилов, И.С. Водопотребление и транспирация растений в полевых условиях // Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур. – М., 1978. – С. 53–66.

293. Шемяков, О.К. Эффективность возделывания однолетних бобовых и зерновых культур в одновидовых и смешанных агрофитоценозах на юго-западе Центрального Нечерноземья России: автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук: 06.01.09. / О.К. Шемяков. – Брянск, 2007. – 28 с.

294. Шильников, И.А. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия / И.А. Шильников, В.Г. Сычёв, Н.И. Аканова, Л.С. Федотова. – М.: 2008. – 331 с.

295. Шиманская, А.А. Профильное распределение меди, цинка и свинца в пойменных почвах Мозырского полесья / А.А. Шиманская, С.С. Позняк // Экологический вестник. – 2016. – № 1. – С. 118–123.
296. Шпаков, А.С. Кормопроизводство Нечерноземной зоны: состояние и перспективы развития / А.С. Шпаков, А.А. Кутузова, Д.М. Тебердиев, В.Т. Воловик // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 4. – С. 6–20.
297. Шпаков, А.С. Полевое кормопроизводство: состояние и задачи научного обеспечения / А.С. Шпаков, Г.Н. Бычков // Кормопроизводство. – 2010. – № 10. – С. 3–8.
298. Шпаков, А.С. Средообразующая роль многолетних трав в Нечерноземной зоне / А.С. Шпаков // Кормопроизводство. – 2014. – №9. – С. 12–17.
299. Шундалов, Б.М. Полевое кормопроизводство Беларуси: состояние отрасли, производительность труда, результативность работы / Б.М. Шундалов // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 24–29.
300. Щукин, Н.Н. Особенности развития животноводства и производства кормов для крупного рогатого скота в Ярославской области / Н.Н. Щукин // Владимирский земледелец. – 2017. – № 1 (79). – С. 35–38.
301. Юриков, П.И. Переход ^{137}Cs в растения из почвы при применении калийных удобрений / П.И. Юриков, Н.В. Белова, Н.И. Санжарова, Л.А. Воробьева, Ф.В. Моисеенко // Плодородие. – 2007. – № 6. – С. 34–36.
302. Яговенко, Г.Л. Потенциал зерновой продуктивности люпина белого и его реализация в условиях центральной Нечерноземной зоны России / Г.Л. Яговенко, М.В. Захарова, М.И. Лукашевич // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 2 (34). – С. 35–40.
303. Яговенко, Г.Л. Экономическая оценка выращивания люпина в различных севооборотах / Г.Л. Яговенко, И.Н. Белоус // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 78–80.
304. Яговенко, Л.Л. Зависимость между метеоусловиями вегетационного периода и количеством и качеством урожая семян узколистного люпина в севооб-

оротах / Л.Л. Яговенко, Н.В. Мисникова, Г.Л. Яговенко // Кормопроизводство. – 2012. – № 5. – С. 13–16.

305. Яговенко, Л.Л. Продуктивность севооборотов с люпином и фосфатный режим серой лесной почвы / Л.Л. Яговенко, Г.Л. Яговенко // Плодородие. – 2010. – № 2 (53). – С. 46–48.

306. Яговенко, Л.Л. Эффективность смешанных посевов ячменя с люпином / Л.Л. Яговенко, Г.Л. Яговенко, Е.И. Исаева // Кормопроизводство. – 2005. – № 6. – С. 21–22.

307. Якименко, В.Н. К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов / В.Н. Якименко // Плодородие. – 2009. – № 4. – С. 8–10.

308. Яковлева, Е.П. Комплексное почвенно-геоботаническое исследование природных кормовых угодий / Е.П. Яковлева, Л.С. Трофимова, И.А. Трофимов // Успехи современной науки. – 2017. – Т. 2, №10. – С. 185–188.

309. Aleksakhin, R.M. Radioactive contamination as a type of soil degradation / R.M. Aleksakhin // Eurasian Soil Science. – 2009. – V. 42, № 12. – PP. 1386–1396.

310. Aleksakhin, R.M. Radioecology and the accident at the Chernobyl nuclear power plant / R.M. Aleksakhin, N.I. Sanzharova, S.V. Fesenko // Atomic Energy. – 2006. – V. 100, № 4. – PP. 257–263.

311. Alexakhin, R. 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant: radioecological lessons / R. Alexakhin, S. Geras'kin // Radioprotection. – 2011. – № 46. – PP. 595–600.

312. Alexakhin, R.M. Chernobyl radionuclide distribution, migration, and environmental and agricultural impacts / R.M. Alexakhin, N.I. Sanzharova, S.I. Spiridonov, A.V. Panov, S.V. Fesenko // Health Physics. – 2007. – Vol. 93, № 5. – PP. 418–426.

313. Barber, S. Plant nutrient absorption from three sources in the soil / S. Barber, S.Elghawhary // 10th Trans. Int. Congr. Soil Sci. 1974. – № 4. – PP. 217–223.

314. Barber, S.A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability / S.A Barber // Soil Science. – 1962. – Vol. 93, № 1. – PP. 39–49.

315. Barthelemy, D. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny / D. Barthelemy, Y. Caraglio // Annals of botany. – 2007. – Vol. 99. – № 3. – P. 375–407.

316. Chytry, M. Diagnostic, constant and dominant species of vegetation classes 61 and alliances of the Czech Republic: a statistical revision / M. Chytry, L. Tichy // *Folia Facultatis Scientiarum Naturalium Universitatis Masarikianae Brunensis. – Biologia.* – 2003. – Vol. 108. – P. 1–231.
317. Connel, J.A. The ecological regulation of species diversity / J.A. Connel, E. Orias // *American Naturalist.* – 1964. – Vol. 98. – P. 399–414.
318. Cramer, M.D. Nutrient availability moderates transpiration in *Ehrharta calycina* / M.D. Cramer, V. Hoffmann, G.A. Verboom // *New Phytologist.* – 2008. – № 179. – PP. 1048–1057.
319. Dobrovol'ski, G.V. Alluvial soils of river floodplains and deltas and their zonal differences / G.V. Dobrovol'ski, P.N. Balabko, N.V. Stasjuk, E.P. Bykova // *Arid Ecosystems.* – 2011. – V. 1, № 3. – PP. 119–124.
320. Drake, M. Cation exchange capacity of plant roots / M. Drake, A. Vengris, W. Colby // *Soil Science.* – 1951. – Vol. 72, № 2. – PP. 139–149.
321. Drake, M. Soil chemistry and plank nutrition / M. Drake // *Chemistry of the soil.* New York-London, 1964. – PP. 395–444.
322. Dyakov, N. Alien species invasion and diversity of riparian forest according to environmental gradient and disturbance regime / N. Dyakov, P. Zhelev // *Applied Ecology and Environmental Research.* – 2013. – Vol. 11. – № 2. – P. 249–272.
323. Eberhart, S.A. Stability parameters for comparing varieties / S.A. Eberhart, W.A. Russell // *Journal of Crop Science.* – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40.
324. Fesenko, S. Justification strategies in the long term after the Chernobyl accident / S. Fesenko, P. Jacob, A. Ulanovsky, A. Chupov, I. Bogdevich, N. Sanzharova, V. Kashparov, A. Panov, Yu. Zhuchenko // *Journal of Environmental Radioactivity.* – 2013. – № 119. – PP. 39–47.
325. Fesenko, S.V. An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident / S.V. Fesenko, M.I. Balonov, G. Voigt, R.M. Alexakhin, N.I. Sanzharova, A.V. Panov, I.M. Bogdevitch, B.J. Howard, V.A. Kashparov, Y.M. Zhuchenko // *The Science of the Total Environment.* – 2007. – Vol. 383, № 1–3. – PP. 1–24.

326. Fuhrmann, M. Uptake and release of cesium-137 by five plant species as influenced by soil amendments in field experiments / M. Fuhrmann, M. Lasat, S. Ebbs, J. Cornish, L. Kochian // *J. Environ. Qual.* – 2003. – Vol. 32, № 6. – PP. 2272–2279.

327. Fuhrmann, M. Uptake of cesium-137 and strontium-90 from contaminated soil by three plant species; application to phytoremediation / M. Fuhrmann, M.M. Lasat, S.D. Ebbs, L.V. Kochian, J. Cornish // *J. Environ. Qual.* – 2002. – Vol. 31, № 3. – PP. 904–909.

328. Hirayama, T. Relationship between radiocesium concentrations of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seeds and shoots at early growth stages / T. Hirayama, M. Takeuchi, S. Keitoku // *Soil Science and Plant Nutrition.* – 2015. – Vol. 61, № 1. – PP. 152–155.

329. Hooda P. Trace Elements in Soils // P. Hooda. – School of Geography, Geology and the Environment, Kingston University London, UK, 2010. – 596 p.

330. Jacob, P. Rural areas affected by Chernobyl accident: Radiation exposure and remediation strategies / P. Jacob, A. Ulanovsky, S. Fesenko, I. Bogdevitch, V. Kashparov, N. Lazarev, M. Zhurba, N. Sanzharova, N. Isamov, A. Panov, N. Grebenshikova, Y. Zhuchenko // *The Science of the Total Environment.* – 2009. – Vol. 408, № 1. – PP. 14–25.

331. Jenny, H. Pathways of ions from soil into root according to diffusion models / H. Jenny // *Plant Soil.* – 1966. – Vol. 25, № 2. – PP. 265–289.

332. Kang, D.J. Effect of fertilizer with low levels of potassium on radiocesium-137 decontamination / D.J. Kang, H. Tazoe, Y. Ishii, K. Isobe, M. Higo, M. Yamada // *J. Crop Sci. Biotechnol.* – 2018. – Vol. 21, № 2. – PP. 113–119.

333. Laivins, M. Nemeza biotopu parkrumosanas Riga. I Acer negundo izplatība, ekoloģija un augu sabiedrības / M. Laivins, G. Cekstere // *Mezzinatne.* – 2014. – Vol. 28. – № 61. – P 39–65.

334. Losvik, M.H. Phytosociology and ecology of old hay meadows in Hordaland, western Norway in relation to management / M.H. Losvik // *Vegetatio.* – 1988. – № 78. – PP. 157–187.

335. Matimati, I. Nitrogen regulation of transpiration controls massflow acquisition of nutrients / I. Matimati, G.A. Verboom, M.D. Cramer // *J. Exp. Bot.* – 2014. – Vol. 65, № 1. – PP. 159–168.

336. Mehlich, A.A. Soil chemistry and plank nutrition. p.p. 286-328. / A.A. Mehlich, M. Drake // Chemistry of the soil. – New York, 1955. – PP. 373
337. Menges, E.S. Population viability analyses in plants: challenges and opportunities / E.S. Menges // Trends in Ecology and Evolution. – 2000. – Vol. 15. – P. 51–56.
338. Oreshkin, V.N. Lead in iron-manganese concretions of varying size from alluvial soils and deposits / V.N. Oreshkin, V.S. Kuzmenkova, T.I. Ulyanochkina, P.N. Balabko // Geochemistry International. – 2000. – V. 38, № 6. – PP. 619–623.
339. Pakshina, S.M. Calculation of ^{137}Cs accumulation by phytomass of motley herbs / S.M. Pakshina, N.M. Belous, V.F. Shapovalov, S.F. Chesalin, E.V. Smolsky, A.L. Silaev // International Journal of Green Pharmacy. – 2018. – Vol. 12, № 3. – C. 704–711.
340. Panov, A.V. Influence of rehabilitation measures on ^{137}Cs uptake by crops from soils contaminated during the Chernobyl NPP accident / A.V. Panov, R.M. Aleksakhin, A.A. Muzalevskaya, P.V. Prudnikov, A.A. Novikov // Eurasian Soil Science. – 2009. – Vol. 42, № 4. – PP. 445–457.
341. Panov, A.V. Remediation of zones of local radioactive contamination / A.V. Panov, S.V. Fesenko, N.I. Sanzharova, R.M. Aleksakhin // Atomic Energy. – 2006. – Vol. 100. № 2. – PP. 123–131.
342. Penrose, B. Forage grasses with lower uptake of caesium and strontium could provide ‘safer’ crops for radiologically contaminated areas / B. Penrose, N.A. Beresford, N.M.J. Crout, J.A. Lovatt, R. Thomson, M.R. Broadley // PLoS ONE. – 2017. – Vol. 12, № 5. – PP. e0176040.
343. Prosyannikov, E.V. Specific ecological features of ^{137}Cs behavior in river floodplains / E.V. Prosyannikov, A.L. Silaev, I.A. Koshelev // Russian Journal of Ecology. – 2000. – Vol. 31, № 2. – PP. 132–135.
344. Prosyannikov, E.V. Specific ecological features of ^{137}Cs behavior in river floodplains / E.V. Prosyannikov, A.L. Silaev, I.A. Koshelev // Russian Journal of Ecology. – 2000. – V.31, №2. – PP. 132–135.
345. Ribeiro, B.T. Assessment of Trace Element Contents in Soils and Water from Cerrado Wetlands, Triângulo Mineiro Region / B.T. Ribeiro, D.C. Nascimento, N. Curi, L.R. Guimarães Guilherme, E. Tarso de Souza Costa, G. Lopes, J.P. Carneiro // Revista Brasileira de Ciência do Solo. – 2019. – № 43. – PP. – e0180059.

346. Sabry, M.S. Geochemical fractions of chromium, copper, and zinc and their vertical distribution in floodplain soil profiles along the Central Elbe River, Germany / M.S. Sabry, R. Jörg // *Geoderma*. – 2014. – Vol. 228–229. – PP. 142–159.
347. Tsukada, H. Transfer of ^{137}Cs and stable Cs from paddy soil to polished rice in Aomori, Japan / H. Tsukada, H. Hasegawa, S. Hisamatsu, S. Yamasaki // *J. Environ. Radioact.* – 2002. – № 59. – PP. 351–363.
348. Uchida, S. Comparison of radiocesium concentration changes in leguminous and nonleguminous herbaceous plants observed after the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident / S. Uchida, K. Tagami // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2018. – № 186. – PP. 3–8.
349. Vengris, A. Chemistry of the soil / A. Vengris, M. Drake // New York. – 1955. – PP. 286–328.
350. Vogl, C.R. Local knowledge held by farmers in Eastern Tyrol (Austria) about the use of plants to maintain and improve animal health and welfare / C.R. Vogl, B. Vogl-Lukasser, M. Walkenhorst // *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. – 2016. – Vol. 12, № 1. – PP. 40.
351. Wallin, L. Reinforced traditional management is needed to save a declining meadow species. A demographic analysis / L. Wallin, B.M. Svensson // *Folia Geobotanica*. – 2012. – № 47. – PP. 231–247.
352. Willams, D.E. Cation exchange properties of plant root surfaces / D.E. Willams, N.T. Coleman // *Soil and plant*. – 1950. – №. 2. – PP. 243–256.
353. Zhu, Y.G. Soil contamination with radionuclides and potential remediation / Y.G. Zhu, G. Shaw // *Chemosphere*. – 2000. – Vol. 41, № 1-2. – PP. 121–128.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	3.600	3.500	4.700	6.300	6.100
2	12.800	7.500	12.900	12.100	9.000
3	12.900	9.200	11.000	13.000	9.400
4	21.600	31.200	28.300	26.300	19.400
5	20.700	25.300	27.400	25.900	18.400
6	17.900	24.400	27.700	25.000	18.800
7	30.300	30.200	34.200	27.800	20.300
8	18.700	26.500	33.600	25.400	19.300
9	18.200	29.300	34.700	25.100	19.400

	6
1	6.000
2	17.700
3	17.300
4	24.600
5	22.700
6	20.700
7	30.800
8	23.600
9	25.900

Средняя общая :	19.900
Средняя ошибка средней :	1.714
Относительная ошибка средней, % :	8.615
Средняя ошибка разности средних :	2.425
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.900

Таблица средних значений

Номера вариантов	:	Средние по вариантам	:	Отклонения от стандарта	:	Различия сущест./несущ. (+/-)	:
:	:	:	:	:	:	Н.С.Р.= 4.900	:
ст. 1	:	5.033	:	---	:	---	:
2	:	12.000	:	6.967	:	+	:
3	:	12.133	:	7.100	:	+	:
4	:	25.233	:	20.200	:	+	:
5	:	23.400	:	18.367	:	+	:
6	:	22.417	:	17.383	:	+	:
7	:	28.933	:	23.900	:	+	:
8	:	24.517	:	19.483	:	+	:
9	:	25.433	:	20.400	:	+	:

Приложение 2. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.500	1.500	2.300	1.600	2.900
2	6.500	2.600	6.300	2.700	4.500
3	7.100	3.600	8.700	3.600	5.000
4	11.200	12.600	20.500	18.000	9.500
5	11.000	12.900	19.800	17.900	8.900
6	9.800	13.400	18.600	18.000	8.700
7	13.000	14.200	20.000	20.100	9.700
8	10.200	13.700	19.200	19.200	8.700
9	10.000	15.200	18.400	21.900	8.400

	6
1	2.300
2	6.200
3	6.400
4	8.400
5	8.800
6	7.400
7	10.400
8	9.000
9	9.300

Средняя общая :	10.394
Средняя ошибка средней :	1.673
Относительная ошибка средней, % :	16.096
Средняя ошибка разности средних :	2.366
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.782

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
:	:	:	:	:	:	Н.С.Р.=	4.782
ст.	1 :	2.017	:	---	:	---	:
	2 :	4.800	:	2.783	:	-	:
	3 :	5.733	:	3.717	:	-	:
	4 :	13.367	:	11.350	:	+	:
	5 :	13.217	:	11.200	:	+	:
	6 :	12.650	:	10.633	:	+	:
	7 :	14.567	:	12.550	:	+	:
	8 :	13.333	:	11.317	:	+	:
	9 :	13.867	:	11.850	:	+	:

Приложение 3. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	6.500	3.800	4.900	9.000	6.300
2	13.000	6.900	6.900	13.500	14.800
3	13.900	8.200	8.300	13.100	16.000
4	31.300	28.100	30.800	29.500	23.000
5	24.800	23.300	23.800	27.000	23.400
6	38.800	23.800	25.500	26.100	23.200
7	33.100	30.400	31.900	30.400	25.900
8	30.200	27.800	27.400	27.900	26.900
9	26.800	29.100	31.100	28.800	26.900

	6
1	5.100
2	17.300
3	16.690
4	27.300
5	26.800
6	23.700
7	32.600
8	28.700
9	24.500

Средняя общая :	21.941
Средняя ошибка средней :	1.333
Относительная ошибка средней, % :	6.077
Средняя ошибка разности средних :	1.886
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	3.811

Таблица средних значений

Номера : вариантов :	Средние по : вариантам :	Отклонения : от стандарта :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 3.811 :
ст. 1 :	5.933 :	---	---
2 :	12.067 :	6.133 :	+
3 :	12.698 :	6.765 :	+
4 :	28.333 :	22.400 :	+
5 :	24.850 :	18.917 :	+
6 :	26.850 :	20.917 :	+
7 :	30.717 :	24.783 :	+
8 :	28.150 :	22.217 :	+
9 :	27.867 :	21.933 :	+

Приложение 4. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	3.200	1.900	2.700	2.800	3.000
2	10.300	5.700	5.800	3.700	6.400
3	11.500	6.900	6.800	4.400	7.600
4	16.100	15.300	16.600	19.600	14.300
5	17.900	16.900	17.900	19.400	13.600
6	28.100	18.200	21.100	19.300	13.400
7	19.400	18.600	18.600	24.700	15.300
8	17.800	16.100	15.800	23.100	14.500
9	16.400	17.100	18.200	25.000	14.400

	6
1	2.500
2	6.100
3	6.600
4	9.100
5	8.700
6	8.300
7	12.400
8	10.300
9	9.500

Средняя общая :	12.943
Средняя ошибка средней :	1.634
Относительная ошибка средней, % :	12.626
Средняя ошибка разности средних :	2.311
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.671

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 4.671 :
ст. 1 :	2.683 :	---	---
2 :	6.333 :	3.650 :	- :
3 :	7.300 :	4.617 :	- :
4 :	15.167 :	12.483 :	+ :
5 :	15.733 :	13.050 :	+ :
6 :	18.067 :	15.383 :	+ :
7 :	18.167 :	15.483 :	+ :
8 :	16.267 :	13.583 :	+ :
9 :	16.767 :	14.083 :	+ :

Приложение 5. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	6.300	5.200	6.200	7.400	5.900
2	11.500	7.200	10.800	9.200	11.600
3	11.800	8.200	12.100	9.300	11.700
4	34.700	30.800	33.600	34.800	24.800
5	21.100	27.100	26.200	28.200	20.100
6	18.800	26.100	25.800	28.000	20.900
7	36.100	31.300	35.700	35.500	27.300
8	29.700	27.600	34.200	34.900	26.900
9	25.500	31.000	34.100	36.800	24.300

	6
1	4.700
2	14.500
3	13.300
4	24.200
5	20.100
6	19.100
7	24.000
8	21.600
9	20.200

Средняя общая :	21.630
Средняя ошибка средней :	1.694
Относительная ошибка средней, % :	7.834
Средняя ошибка разности средних :	2.396
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.843

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						Н.С.Р.= 4.843	
ст.	1	:	5.950	:	---	:	---
	2	:	10.800	:	4.850	:	+
	3	:	11.067	:	5.117	:	+
	4	:	30.483	:	24.533	:	+
	5	:	23.800	:	17.850	:	+
	6	:	23.117	:	17.167	:	+
	7	:	31.650	:	25.700	:	+
	8	:	29.150	:	23.200	:	+
	9	:	28.650	:	22.700	:	+

Приложение 6. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	3.100	2.400	3.000	3.700	2.900
2	9.300	5.500	8.800	6.800	9.100
3	10.100	6.900	10.400	7.900	10.300
4	16.200	16.600	17.800	18.600	13.300
5	16.100	14.600	19.700	20.400	14.500
6	14.800	20.500	20.200	21.000	16.300
7	19.400	19.200	19.200	20.800	14.600
8	16.600	15.600	20.000	20.400	14.200
9	15.200	18.300	19.900	21.200	14.100

	6
1	2.600
2	11.400
3	10.600
4	11.900
5	14.600
6	14.400
7	14.100
8	12.600
9	11.900

Средняя общая :	13.585
Средняя ошибка средней :	1.062
Относительная ошибка средней, % :	7.819
Средняя ошибка разности средних :	1.502
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	3.036

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						: Н.С.Р.= 3.036	
ст.	1 :	2.950 :		---	:	---	:
	2 :	8.483 :		5.533	:	+	:
	3 :	9.367 :		6.417	:	+	:
	4 :	15.733 :		12.783	:	+	:
	5 :	16.650 :		13.700	:	+	:
	6 :	17.867 :		14.917	:	+	:
	7 :	17.883 :		14.933	:	+	:
	8 :	16.567 :		13.617	:	+	:
	9 :	16.767 :		13.817	:	+	:

Приложение 7. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	4.300	6.600	3.600	3.100	4.600
2	9.600	12.800	12.800	9.000	9.900
3	9.800	13.600	13.600	9.600	10.300
4	17.000	26.400	21.600	12.500	17.800
5	18.000	27.400	21.700	12.800	18.300
6	18.800	28.600	21.900	13.000	19.100
7	19.800	27.600	30.300	13.300	20.400
8	21.900	29.200	30.800	13.600	22.300
9	22.600	29.400	31.200	18.000	23.100

	6
1	5.200
2	14.300
3	15.900
4	18.200
5	18.900
6	20.600
7	24.100
8	26.600
9	27.800

Средняя общая :	17.652
Средняя ошибка средней :	1.850
Относительная ошибка средней, % :	10.480
Средняя ошибка разности средних :	2.616
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	5.287

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						: Н.С.Р.= 5.287	
ст.	1	:	4.567	:	---	:	---
	2	:	11.400	:	6.833	:	+
	3	:	12.133	:	7.567	:	+
	4	:	18.917	:	14.350	:	+
	5	:	19.517	:	14.950	:	+
	6	:	20.333	:	15.767	:	+
	7	:	22.583	:	18.017	:	+
	8	:	24.067	:	19.500	:	+
	9	:	25.350	:	20.783	:	+

Приложение 8. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.900	3.600	2.800	1.400	1.800
2	3.400	6.300	6.500	2.400	3.800
3	4.700	7.600	7.100	2.800	5.200
4	7.800	13.100	11.200	5.300	8.700
5	8.500	13.500	11.500	5.700	9.200
6	8.700	14.500	11.700	5.900	9.600
7	9.300	12.700	13.000	7.400	10.600
8	10.300	13.400	13.600	8.300	11.800
9	10.600	14.100	14.300	9.200	12.400

	6
1	2.100
2	4.300
3	6.600
4	9.500
5	10.500
6	11.600
7	16.600
8	18.100
9	19.000

Средняя общая :	8.806
Средняя ошибка средней :	1.082
Относительная ошибка средней, % :	12.293
Средняя ошибка разности средних :	1.531
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	3.094

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
:	:	:	:	:	:	Н.С.Р.= 3.094	:
ст. 1	:	2.267	:	---	:	---	:
2	:	4.450	:	2.183	:	-	:
3	:	5.667	:	3.400	:	+	:
4	:	9.267	:	7.000	:	+	:
5	:	9.817	:	7.550	:	+	:
6	:	10.333	:	8.067	:	+	:
7	:	11.600	:	9.333	:	+	:
8	:	12.583	:	10.317	:	+	:
9	:	13.267	:	11.000	:	+	:

Приложение 9. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	6.500	4.500	6.300	5.000	6.800
2	15.800	6.500	14.200	10.500	15.800
3	16.800	9.500	14.500	10.000	17.600
4	27.000	17.500	25.900	12.700	27.200
5	28.200	18.000	26.100	13.000	28.100
6	32.700	17.900	28.400	15.600	33.400
7	33.600	20.600	27.400	19.700	34.100
8	34.100	21.800	29.400	21.000	34.800
9	35.700	22.100	31.200	23.000	36.600

	6
1	8.400
2	16.100
3	18.300
4	24.800
5	26.100
6	28.900
7	29.800
8	34.200
9	36.000

Средняя общая :	21.476
Средняя ошибка средней :	2.311
Относительная ошибка средней, % :	10.762
Средняя ошибка разности средних :	3.268
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	6.606

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 6.606 :
ст. 1 :	6.250 :	---	---
2 :	13.150 :	6.900 :	+
3 :	14.450 :	8.200 :	+
4 :	22.517 :	16.267 :	+
5 :	23.250 :	17.000 :	+
6 :	26.150 :	19.900 :	+
7 :	27.533 :	21.283 :	+
8 :	29.217 :	22.967 :	+
9 :	30.767 :	24.517 :	+

Приложение 10. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	3.200	1.400	2.600	1.500	3.400
2	7.500	2.000	5.400	2.600	7.900
3	8.600	2.800	6.600	3.200	8.500
4	13.900	5.200	13.500	5.400	13.300
5	14.500	5.400	13.800	5.700	13.800
6	14.700	5.400	14.400	6.100	16.900
7	14.900	7.900	16.200	7.700	17.100
8	15.600	9.000	16.600	8.600	17.600
9	16.800	9.300	17.200	9.600	18.200

	6
1	2.400
2	7.800
3	9.600
4	13.200
5	14.100
6	17.000
7	17.700
8	18.700
9	19.400

Средняя общая :	10.211
Средняя ошибка средней :	1.621
Относительная ошибка средней, % :	15.872
Средняя ошибка разности средних :	2.292
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.632

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 4.632 :
ст. 1 :	2.417 :	---	---
2 :	5.533 :	3.117 :	- :
3 :	6.550 :	4.133 :	- :
4 :	10.750 :	8.333 :	+ :
5 :	11.217 :	8.800 :	+ :
6 :	12.417 :	10.000 :	+ :
7 :	13.583 :	11.167 :	+ :
8 :	14.350 :	11.933 :	+ :
9 :	15.083 :	12.667 :	+ :

Приложение 11. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	6.300	3.800	6.200	6.000	8.100
2	15.300	6.100	14.100	10.800	16.100
3	13.800	8.500	14.200	11.800	18.200
4	28.100	16.800	25.600	17.200	27.800
5	29.300	17.500	25.900	19.600	29.000
6	36.300	17.500	27.200	23.800	33.400
7	32.900	20.300	27.800	22.800	34.000
8	35.800	21.600	28.600	23.000	35.900
9	37.100	22.800	31.100	24.600	37.500

	6
1	8.800
2	17.300
3	19.100
4	26.100
5	27.800
6	29.100
7	30.800
8	35.300
9	36.800

Средняя общая :	22.244
Средняя ошибка средней :	2.163
Относительная ошибка средней, % :	9.723
Средняя ошибка разности средних :	3.059
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	6.182

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						: Н.С.Р.= 6.182	
ст.	1 :	6.533 :		---	:	---	:
	2 :	13.283 :		6.750 :		+	:
	3 :	14.267 :		7.733 :		+	:
	4 :	23.600 :		17.067 :		+	:
	5 :	24.850 :		18.317 :		+	:
	6 :	27.883 :		21.350 :		+	:
	7 :	28.100 :		21.567 :		+	:
	8 :	30.033 :		23.500 :		+	:
	9 :	31.650 :		25.117 :		+	:

Приложение 12. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	3.100	1.300	2.700	1.500	4.000
2	7.500	2.100	5.600	2.500	7.900
3	8.300	2.900	6.200	3.500	8.500
4	15.300	5.200	13.600	5.600	13.900
5	15.600	5.400	14.800	5.800	14.500
6	16.100	5.400	15.500	6.300	16.900
7	16.300	9.600	16.600	7.700	17.600
8	16.600	10.600	17.100	8.800	18.200
9	17.400	11.100	17.300	9.700	18.500

	6
1	2.500
2	8.200
3	9.300
4	13.800
5	14.700
6	16.800
7	17.900
8	18.900
9	19.900

Средняя общая :	10.604
Средняя ошибка средней :	1.638
Относительная ошибка средней, % :	15.452
Средняя ошибка разности средних :	2.317
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.683

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						Н.С.Р.= 4.683	
ст.	1	:	2.517	:	---	:	---
	2	:	5.633	:	3.117	:	-
	3	:	6.450	:	3.933	:	-
	4	:	11.233	:	8.717	:	+
	5	:	11.800	:	9.283	:	+
	6	:	12.833	:	10.317	:	+
	7	:	14.283	:	11.767	:	+
	8	:	15.033	:	12.517	:	+
	9	:	15.650	:	13.133	:	+

**Приложение 13. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от
уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.300	1.200	.900	1.700	1.800
2	4.600	2.100	1.800	3.400	2.400
3	4.800	2.400	2.300	3.600	3.400
4	7.600	1.300	7.400	5.500	6.900
5	6.700	6.100	6.500	5.600	5.900
6	5.400	6.000	6.500	5.500	7.000
7	10.600	7.200	7.600	6.900	6.300
8	5.800	6.300	6.900	5.900	6.800
9	5.800	6.500	7.300	5.500	6.700

	6
1	1.600
2	4.100
3	4.000
4	5.700
5	5.000
6	4.600
7	6.800
8	5.200
9	5.700

Средняя общая :	5.044
Средняя ошибка средней :	.476
Относительная ошибка средней, % :	9.428
Средняя ошибка разности средних :	.673
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.359

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
:	:	:	:	:	:	Н.С.Р.= 1.359	:
ст. 1	:	1.417	:	---	:	---	:
2	:	3.067	:	1.650	:	+	:
3	:	3.417	:	2.000	:	+	:
4	:	5.733	:	4.317	:	+	:
5	:	5.967	:	4.550	:	+	:
6	:	5.833	:	4.417	:	+	:
7	:	7.567	:	6.150	:	+	:
8	:	6.150	:	4.733	:	+	:
9	:	6.250	:	4.833	:	+	:

**Приложение 14. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от
уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	.700	.500	.400	.700	.700
2	2.500	.900	.700	1.400	1.200
3	2.700	1.300	1.000	1.600	1.300
4	4.100	4.300	4.500	2.200	2.200
5	3.700	4.500	4.600	2.300	2.000
6	3.000	5.300	4.500	2.200	1.900
7	5.700	5.200	5.000	2.700	2.200
8	2.900	5.500	5.000	2.300	2.000
9	2.900	5.800	5.500	1.900	1.900

	6
1	.800
2	2.100
3	2.300
4	2.900
5	2.600
6	2.300
7	3.400
8	2.800
9	2.900

Средняя общая : 2.731
 Средняя ошибка средней : .483
 Относительная ошибка средней, % : 17.681
 Средняя ошибка разности средних : .683
 Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) : 1.380

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 1.380	:
ст. 1	:	.633	:	---	:	---	:
2	:	1.467	:	.833	:	-	:
3	:	1.700	:	1.067	:	-	:
4	:	3.367	:	2.733	:	+	:
5	:	3.283	:	2.650	:	+	:
6	:	3.200	:	2.567	:	+	:
7	:	4.033	:	3.400	:	+	:
8	:	3.417	:	2.783	:	+	:
9	:	3.483	:	2.850	:	+	:

**Приложение 15. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	2.400	1.400	1.000	2.500	2.100
2	5.000	1.700	2.200	3.800	4.900
3	5.300	2.400	2.700	3.700	5.200
4	12.500	8.200	7.600	6.200	7.800
5	8.900	6.400	6.800	6.000	7.300
6	8.300	6.600	7.200	5.700	7.100
7	12.000	8.600	7.700	7.600	8.700
8	10.400	7.900	6.800	6.100	9.300
9	9.400	7.700	7.400	6.300	9.200

	6
1	1.600
2	4.000
3	4.200
4	6.200
5	6.000
6	5.700
7	7.200
8	6.300
9	5.900

Средняя общая :	6.131
Средняя ошибка средней :	.601
Относительная ошибка средней, % :	9.800
Средняя ошибка разности средних :	.850
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.718

Таблица средних значений

Номера : вариантов :	Средние по : вариантам :	Отклонения : от стандарта :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 1.718 :
ст. 1 :	1.833 :	---	---
2 :	3.600 :	1.767 :	+
3 :	3.917 :	2.083 :	+
4 :	8.083 :	6.250 :	+
5 :	6.900 :	5.067 :	+
6 :	6.767 :	4.933 :	+
7 :	8.633 :	6.800 :	+
8 :	7.800 :	5.967 :	+
9 :	7.650 :	5.817 :	+

**Приложение 16. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.300	.700	.500	1.100	.800
2	3.900	1.400	1.100	1.500	1.600
3	4.400	1.800	1.300	1.700	2.000
4	6.200	4.400	5.000	2.500	3.100
5	7.000	4.600	4.800	2.500	3.000
6	6.300	5.200	4.800	2.400	3.000
7	7.100	5.100	6.200	3.200	3.400
8	6.200	4.600	6.000	2.500	3.200
9	5.500	4.400	6.300	2.500	3.200

	6
1	.800
2	2.500
3	2.500
4	3.200
5	3.200
6	2.800
7	3.300
8	3.200
9	3.000

Средняя общая :	3.404
Средняя ошибка средней :	.563
Относительная ошибка средней, % :	16.529
Средняя ошибка разности средних :	.796
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.608

Таблица средних значений

Номера вариантов	:	Средние по вариантам	:	Отклонения от стандарта	:	Различия сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 1.608	:
ст.	:		:		:		:
1	:	.867	:	---	:	---	:
2	:	2.000	:	1.133	:	-	:
3	:	2.283	:	1.417	:	-	:
4	:	4.067	:	3.200	:	+	:
5	:	4.183	:	3.317	:	+	:
6	:	4.083	:	3.217	:	+	:
7	:	4.717	:	3.850	:	+	:
8	:	4.283	:	3.417	:	+	:
9	:	4.150	:	3.283	:	+	:

**Приложение 17. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	2.600	1.500	1.200	2.300	1.800
2	4.000	2.000	2.200	2.800	3.600
3	4.500	2.300	2.600	2.800	3.900
4	13.400	8.000	7.700	6.400	7.900
5	8.500	7.000	7.300	5.200	5.900
6	6.100	7.200	8.300	5.300	6.100
7	11.600	8.800	8.400	7.500	9.000
8	10.400	8.200	6.900	6.400	8.600
9	9.300	8.000	7.400	6.500	7.000

	6
1	1.500
2	3.800
3	3.600
4	6.200
5	5.100
6	5.000
7	6.800
8	6.000
9	5.900

Средняя общая :	5.894
Средняя ошибка средней :	.591
Относительная ошибка средней, % :	10.020
Средняя ошибка разности средних :	.835
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.688

Таблица средних значений

Номера : вариантов :	Средние по : вариантам :	Отклонения : от стандарта :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 1.688 :
ст. 1 :	1.817 :	---	---
2 :	3.067 :	1.250 :	- :
3 :	3.283 :	1.467 :	- :
4 :	8.267 :	6.450 :	+
5 :	6.500 :	4.683 :	+
6 :	6.333 :	4.517 :	+
7 :	8.683 :	6.867 :	+
8 :	7.750 :	5.933 :	+
9 :	7.350 :	5.533 :	+

**Приложение 18. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.300	.800	.700	1.200	1.100
2	3.200	1.700	1.000	2.200	3.200
3	3.300	1.900	1.200	2.400	3.200
4	7.200	4.300	5.400	3.200	3.600
5	4.200	5.100	5.300	3.700	4.300
6	4.600	5.400	5.000	3.900	5.000
7	6.800	5.200	6.200	3.700	3.700
8	4.600	4.800	6.200	3.900	3.400
9	3.900	4.700	6.500	3.300	4.200

	6
1	.900
2	3.000
3	2.900
4	3.400
5	3.700
6	3.600
7	4.000
8	3.500
9	3.200

Средняя общая :	3.665
Средняя ошибка средней :	.414
Относительная ошибка средней, % :	11.304
Средняя ошибка разности средних :	.586
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.184

Таблица средних значений

Номера : вариантов :	Средние по : вариантам :	Отклонения : от стандарта :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 1.184 :
ст. 1 :	1.000 :	---	---
2 :	2.383 :	1.383 :	+
3 :	2.483 :	1.483 :	+
4 :	4.517 :	3.517 :	+
5 :	4.383 :	3.383 :	+
6 :	4.583 :	3.583 :	+
7 :	4.933 :	3.933 :	+
8 :	4.400 :	3.400 :	+
9 :	4.300 :	3.300 :	+

**Приложение 19. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от
уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.100	2.400	1.000	.700	.900
2	1.400	4.400	3.500	2.100	2.100
3	2.500	4.500	3.600	2.100	2.200
4	3.900	8.900	5.200	2.800	3.900
5	3.900	9.200	5.300	2.800	4.000
6	4.100	9.600	7.200	2.900	4.200
7	4.500	9.300	7.300	2.900	4.600
8	4.800	9.600	7.400	3.000	4.900
9	4.900	9.700	7.600	4.000	5.100

	6
1	1.000
2	3.000
3	3.700
4	4.000
5	4.200
6	4.500
7	5.300
8	5.900
9	6.100

Средняя общая :	4.439
Средняя ошибка средней :	.786
Относительная ошибка средней, % :	17.714
Средняя ошибка разности средних :	1.112
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	2.248

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 2.248	:
ст. 1	:	1.183	:	---	:	---	:
2	:	2.750	:	1.567	:	-	:
3	:	3.100	:	1.917	:	-	:
4	:	4.783	:	3.600	:	+	:
5	:	4.900	:	3.717	:	+	:
6	:	5.417	:	4.233	:	+	:
7	:	5.650	:	4.467	:	+	:
8	:	5.933	:	4.750	:	+	:
9	:	6.233	:	5.050	:	+	:

**Приложение 20. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от
уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	.600	1.200	.500	.300	.400
2	.900	1.900	1.900	.500	.800
3	1.200	2.100	2.000	.600	1.100
4	1.900	3.200	2.800	1.200	1.900
5	2.000	3.300	2.900	1.200	2.000
6	2.300	3.400	3.300	1.300	2.100
7	2.200	3.400	3.400	1.600	2.300
8	2.600	3.500	3.600	1.800	2.600
9	2.600	3.600	3.700	2.000	2.700

	6
1	.500
2	1.000
3	1.500
4	2.200
5	2.400
6	2.700
7	3.800
8	4.200
9	4.400

Средняя общая :	2.131
Средняя ошибка средней :	.297
Относительная ошибка средней, % :	13.922
Средняя ошибка разности средних :	.420
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	.848

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия	
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)	
				Н.С.Р.=	.848
ст.	1 :	.583 :	---	---	:
	2 :	1.167 :	.583 :	-	:
	3 :	1.417 :	.833 :	-	:
	4 :	2.200 :	1.617 :	+	:
	5 :	2.300 :	1.717 :	+	:
	6 :	2.517 :	1.933 :	+	:
	7 :	2.783 :	2.200 :	+	:
	8 :	3.050 :	2.467 :	+	:
	9 :	3.167 :	2.583 :	+	:

**Приложение 21. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.500	1.100	2.000	1.200	1.400
2	3.500	1.600	4.000	2.400	3.300
3	3.700	2.400	4.400	2.300	3.800
4	5.700	4.000	7.900	2.800	6.000
5	5.900	4.000	7.200	2.900	6.200
6	6.900	3.900	7.000	3.400	7.400
7	6.900	4.600	7.900	4.300	7.500
8	7.200	4.600	8.100	4.600	7.700
9	7.500	4.700	8.700	5.100	8.200

	6
1	1.700
2	3.400
3	4.200
4	5.500
5	5.800
6	6.400
7	6.600
8	7.500
9	7.900

Средняя общая :	4.933
Средняя ошибка средней :	.576
Относительная ошибка средней, % :	11.670
Средняя ошибка разности средних :	.814
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.646

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						Н.С.Р.= 1.646	
ст.	1	:	1.483	:	---	:	---
	2	:	3.033	:	1.550	:	-
	3	:	3.467	:	1.983	:	+
	4	:	5.317	:	3.833	:	+
	5	:	5.333	:	3.850	:	+
	6	:	5.833	:	4.350	:	+
	7	:	6.300	:	4.817	:	+
	8	:	6.617	:	5.133	:	+
	9	:	7.017	:	5.533	:	+

**Приложение 22. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	.700	.400	1.000	.300	.700
2	1.700	.500	1.900	.600	1.700
3	1.900	.700	2.200	.700	1.800
4	2.900	1.200	3.800	1.200	2.900
5	3.000	1.200	3.900	1.300	2.700
6	3.100	1.200	4.100	1.300	3.700
7	3.100	2.200	4.300	1.700	3.800
8	3.300	2.000	4.100	1.900	2.600
9	3.500	2.000	4.600	2.100	4.000

	6
1	.500
2	1.700
3	2.100
4	3.000
5	3.200
6	4.000
7	4.100
8	4.300
9	4.700

Средняя общая :	2.354
Средняя ошибка средней :	.399
Относительная ошибка средней, % :	16.956
Средняя ошибка разности средних :	.564
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.141

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.=	1.141
ст.	:		:		:		:
1	:	.600	:	---	:	---	:
2	:	1.350	:	.750	:	-	:
3	:	1.567	:	.967	:	-	:
4	:	2.500	:	1.900	:	+	:
5	:	2.550	:	1.950	:	+	:
6	:	2.900	:	2.300	:	+	:
7	:	3.200	:	2.600	:	+	:
8	:	3.033	:	2.433	:	+	:
9	:	3.483	:	2.883	:	+	:

**Приложение 23. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1.500	1.000	2.000	1.400	1.700
2	2.900	1.400	4.000	2.500	3.400
3	3.000	2.100	4.100	2.600	3.800
4	5.900	4.100	6.900	4.000	6.100
5	6.200	3.800	7.000	4.300	6.400
6	7.600	3.900	7.800	5.200	7.400
7	6.900	4.600	8.700	5.000	7.500
8	7.500	4.700	8.800	5.100	7.900
9	7.900	4.800	9.400	5.400	8.300

	6
1	1.900
2	3.500
3	4.500
4	6.000
5	6.300
6	6.500
7	7.000
8	8.000
9	8.200

Средняя общая :	5.156
Средняя ошибка средней :	.542
Относительная ошибка средней, % :	10.510
Средняя ошибка разности средних :	.766
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.549

Таблица средних значений

Номера : вариантов :	Средние по : вариантам :	Отклонения : от стандарта :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 1.549 :
ст. 1 :	1.583 :	---	---
2 :	2.950 :	1.367 :	- :
3 :	3.350 :	1.767 :	+ :
4 :	5.500 :	3.917 :	+ :
5 :	5.667 :	4.083 :	+ :
6 :	6.400 :	4.817 :	+ :
7 :	6.617 :	5.033 :	+ :
8 :	7.000 :	5.417 :	+ :
9 :	7.333 :	5.750 :	+ :

**Приложение 24. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	.700	.300	1.000	.300	.800
2	1.700	.500	1.900	.600	1.700
3	1.800	.700	1.900	.800	1.800
4	3.200	1.200	3.500	1.300	3.200
5	3.300	1.300	3.800	1.300	3.200
6	3.400	1.200	4.000	1.500	3.700
7	3.400	2.100	4.100	1.700	3.900
8	3.500	2.300	4.200	1.900	4.100
9	3.700	2.400	4.300	2.100	4.100

	6
1	.500
2	1.800
3	2.100
4	3.200
5	3.400
6	3.900
7	4.100
8	4.400
9	4.800

Средняя общая :	2.437
Средняя ошибка средней :	.390
Относительная ошибка средней, % :	15.999
Средняя ошибка разности средних :	.551
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.114

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						Н.С.Р.= 1.114	
ст.	1	:	.600	:	---	:	---
	2	:	1.367	:	.767	:	-
	3	:	1.517	:	.917	:	-
	4	:	2.600	:	2.000	:	+
	5	:	2.717	:	2.117	:	+
	6	:	2.950	:	2.350	:	+
	7	:	3.217	:	2.617	:	+
	8	:	3.400	:	2.800	:	+
	9	:	3.567	:	2.967	:	+

Приложение 25. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы ежи сборной в зависимости от уровня полного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.500	6.800	6.500
2	17.500	26.300	32.500
3	18.600	27.300	32.800
4	19.100	27.500	33.600
5	20.600	27.500	35.800
6	22.800	28.300	36.300
7	23.000	28.600	36.600

Средняя общая :	24.405
Средняя ошибка средней :	3.863
Относительная ошибка средней, % :	15.829
Средняя ошибка разности средних :	5.463
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	11.717

Таблица средних значений

Номера		Средние по		Отклонения		Различия	
вариантов		вариантам		от стандарта		сущест./несущ. (+/-)	
						: Н.С.Р.= 11.717	
ст.	1	:	5.933	:	---	:	---
	2	:	25.433	:	19.500	:	+
	3	:	26.233	:	20.300	:	+
	4	:	26.733	:	20.800	:	+
	5	:	27.967	:	22.033	:	+
	6	:	29.133	:	23.200	:	+
	7	:	29.400	:	23.467	:	+

Приложение 26. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня полного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.300	6.700	6.300
2	17.700	26.200	35.400
3	18.500	27.700	35.600
4	18.900	28.600	36.200
5	20.300	25.600	37.100
6	22.000	27.100	37.300
7	22.800	28.900	37.800

Средняя общая :	24.810
Средняя ошибка средней :	4.471
Относительная ошибка средней, % :	18.022
Средняя ошибка разности средних :	6.323
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	13.562

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
		:	:	: Н.С.Р.= 13.562 :
ст.	1 :	5.767 :	---	---
	2 :	26.433 :	20.667 :	+
	3 :	27.267 :	21.500 :	+
	4 :	27.900 :	22.133 :	+
	5 :	27.667 :	21.900 :	+
	6 :	28.800 :	23.033 :	+
	7 :	29.833 :	24.067 :	+

Приложение 27. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня полного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.500	6.900	6.900
2	18.200	27.400	36.600
3	18.800	28.100	36.900
4	19.300	28.800	37.300
5	20.900	27.700	38.100
6	23.300	28.600	38.600
7	23.800	29.000	39.800

Средняя общая :	25.690
Средняя ошибка средней :	4.637
Относительная ошибка средней, % :	18.050
Средняя ошибка разности средних :	6.558
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	14.066

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
				Н.С.Р.= 14.066
ст.	1	6.100	---	---
	2	27.400	21.300	+
	3	27.933	21.833	+
	4	28.467	22.367	+
	5	28.900	22.800	+
	6	30.167	24.067	+
	7	30.867	24.767	+

**Приложение 28. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня полного
минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	1.120	2.430	1.750
2	3.960	8.940	7.800
3	3.980	9.480	7.870
4	4.280	9.620	8.060
5	4.550	9.330	8.590
6	5.020	5.580	8.610
7	5.060	9.820	9.310

Средняя общая :	6.436
Средняя ошибка средней :	1.379
Относительная ошибка средней, % :	21.430
Средняя ошибка разности средних :	1.951
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.184

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
				Н.С.Р.= 4.184
ст.	1	1.767	---	---
	2	6.900	5.133	+
	3	7.110	5.343	+
	4	7.320	5.553	+
	5	7.490	5.723	+
	6	6.403	4.637	+
	7	8.063	6.297	+

**Приложение 29. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня полного
минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	1.170	2.340	1.900
2	4.250	8.910	8.510
3	4.440	8.420	8.600
4	4.430	9.720	9.270
5	4.870	9.380	8.900
6	5.220	9.670	9.160
7	5.470	9.960	9.330

Средняя общая :	6.853
Средняя ошибка средней :	1.365
Относительная ошибка средней, % :	19.917
Средняя ошибка разности средних :	1.930
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.140

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
		:	:	Н.С.Р.= 4.140
ст.	1	1.803	---	---
	2	7.223	5.420	+
	3	7.153	5.350	+
	4	7.807	6.003	+
	5	7.717	5.913	+
	6	8.017	6.213	+
	7	8.253	6.450	+

**Приложение 30. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы двухкосточника тростникового в зависимости от уровня
полного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	1.230	2.480	1.860
2	4.370	9.320	8.780
3	4.510	9.550	8.860
4	4.690	9.770	9.310
5	4.890	9.410	9.140
6	5.590	9.720	9.260
7	6.120	10.230	9.450

Средняя общая :	7.073
Средняя ошибка средней :	1.370
Относительная ошибка средней, % :	19.375
Средняя ошибка разности средних :	1.938
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.157

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия	
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)	
				Н.С.Р.=	4.157
ст.	1 :	1.857 :	---	---	:
	2 :	7.490 :	5.633 :	+	:
	3 :	7.640 :	5.783 :	+	:
	4 :	7.923 :	6.067 :	+	:
	5 :	7.813 :	5.957 :	+	:
	6 :	8.190 :	6.333 :	+	:
	7 :	8.600 :	6.743 :	+	:

Приложение 31. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы ежи сборной в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.500	6.800	6.500
2	8.500	14.100	13.700
3	9.600	15.200	14.800

Средняя общая :	10.411
Средняя ошибка средней :	1.531
Относительная ошибка средней, % :	14.701
Средняя ошибка разности средних :	2.165
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	5.296

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	5.296 :

ст. 1	:	5.933	:	---	:
2	:	12.100	:	6.167	:
3	:	13.200	:	7.267	:

Приложение 32. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.300	6.700	6.300
2	8.600	18.000	13.300
3	9.700	19.300	14.600

Средняя общая :	11.200
Средняя ошибка средней :	2.280
Относительная ошибка средней, % :	20.357
Средняя ошибка разности средних :	3.224
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	7.890

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	7.890	:

ст. 1	:	5.767	:	---	:
2	:	13.300	:	7.533	:
3	:	14.533	:	8.767	:
	:		:	+	:

Приложение 33. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.500	6.900	6.900
2	8.800	17.900	13.800
3	9.800	19.500	15.100

Средняя общая :	11.467
Средняя ошибка средней :	2.268
Относительная ошибка средней, % :	19.776
Средняя ошибка разности средних :	3.207
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	7.847

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.=	7.847 :
ст. 1	:	6.100	:	---	:	---	:
2	:	13.500	:	7.400	:	-	:
3	:	14.800	:	8.700	:	+	:

Приложение 34. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы люпина желтого в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	15.300	26.700	27.300
2	18.700	29.000	28.600
3	19.300	30.200	29.100

Средняя общая :	24.911
Средняя ошибка средней :	3.587
Относительная ошибка средней, % :	14.398
Средняя ошибка разности средних :	5.072
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	12.411

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:

ст. 1	:	23.100	:	---	:
2	:	25.433	:	2.333	:
3	:	26.200	:	3.100	:

Приложение 35. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы овса посевного в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	6.300	8.700	8.300
2	15.600	8.500	8.900
3	16.800	10.600	9.300

Средняя общая :	10.333
Средняя ошибка средней :	1.933
Относительная ошибка средней, % :	18.706
Средняя ошибка разности средних :	2.734
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	6.689

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:

ст. 1	:	7.767	:	---	:
2	:	11.000	:	3.233	:
3	:	12.233	:	4.467	:

Приложение 36. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы райграса однолетнего в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	8.300	7.100	6.300
2	10.400	8.200	6.600
3	11.200	9.300	7.200

Средняя общая :	8.289
Средняя ошибка средней :	.981
Относительная ошибка средней, % :	11.832
Средняя ошибка разности средних :	1.387
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	3.394

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	3.394 :

ст. 1	:	7.233	:	---	:
2	:	8.400	:	1.167	:
3	:	9.233	:	2.000	:

Приложение 37. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы суданской травы в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	18.000	14.300	13.900
2	18.700	14.700	14.400
3	19.300	16.400	14.900

Средняя общая :	16.067
Средняя ошибка средней :	1.328
Относительная ошибка средней, % :	8.267
Средняя ошибка разности средних :	1.878
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.596

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:

ст. 1	:	15.400	:	---	:
2	:	15.933	:	.533	:
3	:	16.867	:	1.467	:

Приложение 38. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы проса в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	16.200	10.700	14.600
2	17.100	11.800	15.100
3	18.000	15.300	15.800

Средняя общая :	14.956
Средняя ошибка средней :	1.384
Относительная ошибка средней, % :	9.252
Средняя ошибка разности средних :	1.957
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.788

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:

ст. 1	:	13.833	:	---	:
2	:	14.667	:	.833	:
3	:	16.367	:	2.533	:

Приложение 39. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы люцерны изменчивой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	16.200	11.500	15.800
2	18.800	12.600	18.400
3	20.100	13.300	19.900
4	21.800	14.600	21.600
5	24.800	15.100	24.300

Средняя общая :	17.920
Средняя ошибка средней :	2.316
Относительная ошибка средней, % :	12.923
Средняя ошибка разности средних :	3.275
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	7.297

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия	:
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)	:
:		:	:	Н.С.Р.=	7.297 :

ст.	1 :	14.500 :	---	---	:
	2 :	16.600 :	2.100 :	-	:
	3 :	17.767 :	3.267 :	-	:
	4 :	19.333 :	4.833 :	-	:
	5 :	21.400 :	6.900 :	-	:

Приложение 40. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы костреца безостого в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	12.900	11.000	12.600
2	14.600	11.800	13.900
3	16.200	12.400	15.600
4	17.100	13.000	16.800
5	17.800	13.600	17.300

Средняя общая :	14.440
Средняя ошибка средней :	1.090
Относительная ошибка средней, % :	7.550
Средняя ошибка разности средних :	1.542
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	3.435

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия	:
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)	:
		:	:	: Н.С.Р.=	3.435 :

ст.	1 :	12.167 :	---	---	:
	2 :	13.433 :	1.267 :	-	:
	3 :	14.733 :	2.567 :	-	:
	4 :	15.633 :	3.467 :	+	:
	5 :	16.233 :	4.067 :	+	:

Приложение 41. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности зеленой массы тимфеески луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	9.800	7.800	11.900
2	12.600	9.300	12.800
3	14.400	10.600	14.600
4	16.900	12.200	16.200
5	17.700	13.100	17.000

Средняя общая :	13.127
Средняя ошибка средней :	1.309
Относительная ошибка средней, % :	9.975
Средняя ошибка разности средних :	1.852
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	4.126

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	4.126 :

ст. 1	:	9.833	:	---	:
2	:	11.567	:	1.733	:
3	:	13.200	:	3.367	:
4	:	15.100	:	5.267	:
5	:	15.933	:	6.100	:

**Приложение 42. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня фосфорно-
калийного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	1.120	2.430	1.750
2	1.640	4.790	3.700
3	2.480	5.110	3.850

Средняя общая :	2.986
Средняя ошибка средней :	.724
Относительная ошибка средней, % :	24.252
Средняя ошибка разности средних :	1.024
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	2.506

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	2.506	:

ст. 1	:	1.767	:	---	:
2	:	3.377	:	1.610	:
3	:	3.813	:	2.047	:

**Приложение 43. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня фосфорно-
калийного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	1.170	2.340	1.900
2	1.730	6.120	3.590
3	2.530	6.330	3.800

Средняя общая :	3.279
Средняя ошибка средней :	.997
Относительная ошибка средней, % :	30.408
Средняя ошибка разности средних :	1.410
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	3.450

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	3.450 :

ст. 1	:	1.803	:	---	:
2	:	3.813	:	2.010	:
3	:	4.220	:	2.417	:

**Приложение 44. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня
фосфорно-калийного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	1.230	2.480	1.860
2	2.290	6.110	3.730
3	2.650	6.350	3.990

Средняя общая :	3.410
Средняя ошибка средней :	.920
Относительная ошибка средней, % :	26.987
Средняя ошибка разности средних :	1.301
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	3.184

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	3.184 :

ст. 1	:	1.857	:	---	:
2	:	4.043	:	2.187	:
3	:	4.330	:	2.473	:

**Приложение 45. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы люпина желтого в зависимости от доз калийного
минерального удобрения**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	3.520	6.140	5.550
2	4.300	6.670	5.650
3	4.440	6.640	6.110

Средняя общая :	5.447
Средняя ошибка средней :	.717
Относительная ошибка средней, % :	13.155
Средняя ошибка разности средних :	1.013
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	2.479

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	2.479 :

ст. 1	:	5.070	:	---	:
2	:	5.540	:	.470	:
3	:	5.730	:	.660	:

**Приложение 46. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы овса посевного в зависимости от доз калийного
минерального удобрения**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	1.510	2.440	1.910
2	3.900	2.380	2.040
3	4.190	2.440	2.140

Средняя общая :	2.550
Средняя ошибка средней :	.519
Относительная ошибка средней, % :	20.354
Средняя ошибка разности средних :	.734
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.796

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:

ст. 1	:	1.953	:	---	:
2	:	2.773	:	.820	:
3	:	2.923	:	.970	:

**Приложение 47. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы райграсса однолетнего в зависимости от доз калийного
минерального удобрения**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2.070	1.630	1.450
2	2.600	1.890	1.520
3	2.800	2.140	1.670

Средняя общая :	1.974
Средняя ошибка средней :	.284
Относительная ошибка средней, % :	14.377
Средняя ошибка разности средних :	.401
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	.982

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:

ст. 1	:	1.717	:	---	:
2	:	2.003	:	.287	:
3	:	2.203	:	.487	:

**Приложение 48. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы суданской травы в зависимости от доз калийного
минерального удобрения**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.500	3.570	3.150
2	4.670	3.670	3.240
3	5.020	3.770	3.420

Средняя общая :	3.890
Средняя ошибка средней :	.438
Относительная ошибка средней, % :	11.248
Средняя ошибка разности средних :	.619
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.514

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	1.514 :

ст. 1	:	3.740	:	---	:
2	:	3.860	:	.120	:
3	:	4.070	:	.330	:

**Приложение 49. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы проса посевного в зависимости от доз калийного
минерального удобрения**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	4.210	3.100	3.360
2	4.450	3.410	3.470
3	4.680	3.520	3.690

Средняя общая :	3.766
Средняя ошибка средней :	.345
Относительная ошибка средней, % :	9.158
Средняя ошибка разности средних :	.488
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	1.193

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	1.193	:

ст. 1	:	3.557	:	---	:
2	:	3.777	:	.220	:
3	:	3.963	:	.407	:

**Приложение 50. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы люцерны изменчивой в зависимости от уровня фосфорно-
калийного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	3.510	2.300	3.480
2	3.960	2.560	4.050
3	4.230	2.790	4.580
4	6.140	3.070	4.970
5	6.870	3.320	5.590

Средняя общая :	4.095
Средняя ошибка средней :	.717
Относительная ошибка средней, % :	17.506
Средняя ошибка разности средних :	1.014
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	2.259

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
				Н.С.Р.= 2.259
ст.	1	3.097	---	---
	2	3.523	.427	-
	3	3.867	.770	-
	4	4.727	1.630	-
	5	5.260	2.163	-

**Приложение 51. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы костреца безостого в зависимости от уровня фосфорно-
калийного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2.820	2.200	2.770
2	3.150	2.360	3.060
3	3.340	2.600	3.590
4	3.610	2.730	3.860
5	3.850	2.990	3.980

Средняя общая :	3.127
Средняя ошибка средней :	.284
Относительная ошибка средней, % :	9.091
Средняя ошибка разности средних :	.402
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	.896

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия	:
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)	:
:		:	:	Н.С.Р.=	.896 :

ст.	1 :	2.597 :	---	---	:
	2 :	2.857 :	.260 :	-	:
	3 :	3.177 :	.580 :	-	:
	4 :	3.400 :	.803 :	-	:
	5 :	3.607 :	1.010 :	+	:

**Приложение 52. Дисперсионный анализ (однофакторный) урожайности
воздушно-сухой массы тимopheевки луговой в зависимости от уровня фосфорно-
калийного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2.060	1.560	2.380
2	2.650	1.860	2.690
3	3.020	2.230	3.210
4	3.550	2.560	3.580
5	3.720	2.880	3.910

Средняя общая :	2.791
Средняя ошибка средней :	.294
Относительная ошибка средней, % :	10.538
Средняя ошибка разности средних :	.416
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	.927

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
				Н.С.Р.= .927
ст.	1	2.000	---	---
	2	2.400	.400	-
	3	2.820	.820	-
	4	3.230	1.230	+
	5	3.503	1.503	+

Приложение 53. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1905.000	2461.000	2289.000	3292.000	3320.000
2	250.000	357.000	564.000	386.000	383.000
3	76.000	113.000	109.000	122.000	131.000
4	620.000	1309.000	1246.000	1433.000	1446.000
5	188.000	213.000	230.000	392.000	398.000
6	148.000	90.000	121.000	206.000	215.000
7	127.000	301.000	662.000	381.000	391.000
8	88.000	179.000	207.000	184.000	188.000
9	23.000	81.000	92.000	73.000	78.000

	6
1	3282.000
2	344.000
3	125.000
4	1426.000
5	398.000
6	209.000
7	395.000
8	174.000
9	77.000

Средняя общая :	620.333
Средняя ошибка средней :	99.951
Относительная ошибка средней, % :	16.113
Средняя ошибка разности средних :	141.353
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	285.688

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
:	:	:	:	:	:	Н.С.Р.= 285.688	:
ст. 1	:	2758.167	:	---	:	---	:
2	:	380.667	:	-2377.500	:	+	:
3	:	112.667	:	-2645.500	:	+	:
4	:	1246.667	:	-1511.500	:	+	:
5	:	303.167	:	-2455.000	:	+	:
6	:	164.833	:	-2593.333	:	+	:
7	:	376.167	:	-2382.000	:	+	:
8	:	170.000	:	-2588.167	:	+	:
9	:	70.667	:	-2687.500	:	+	:

Приложение 54. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2003-2008 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	2796.000	4621.000	2867.000	3176.000	3201.000
2	370.000	520.000	582.000	338.000	362.000
3	226.000	111.000	96.000	149.000	142.000
4	1919.000	1108.000	1351.000	1592.000	1641.000
5	291.000	314.000	398.000	395.000	398.000
6	196.000	109.000	234.000	170.000	176.000
7	106.000	496.000	730.000	528.000	541.000
8	189.000	125.000	229.000	136.000	146.000
9	94.000	63.000	148.000	69.000	79.000

	6
1	3211.000
2	368.000
3	147.000
4	1675.000
5	395.000
6	180.000
7	548.000
8	150.000
9	86.000

Средняя общая :	746.074
Средняя ошибка средней :	104.035
Относительная ошибка средней, % :	13.944
Средняя ошибка разности средних :	147.128
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	297.361

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 297.361	:
ст. 1	:	3312.000	:	---	:	---	:
2	:	423.333	:	-2888.667	:	+	:
3	:	145.167	:	-3166.833	:	+	:
4	:	1547.667	:	-1764.333	:	+	:
5	:	365.167	:	-2946.833	:	+	:
6	:	177.500	:	-3134.500	:	+	:
7	:	491.500	:	-2820.500	:	+	:
8	:	162.500	:	-3149.500	:	+	:
9	:	89.833	:	-3222.167	:	+	:

**Приложение 55. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1734.000	1836.000	2139.000	3198.000	3203.000
2	222.000	504.000	528.000	311.000	318.000
3	83.000	115.000	125.000	109.000	118.000
4	686.000	1113.000	1291.000	1440.000	1446.000
5	230.000	196.000	246.000	372.000	382.000
6	189.000	126.000	126.000	208.000	213.000
7	140.000	295.000	705.000	373.000	393.000
8	100.000	178.000	229.000	141.000	148.000
9	37.000	81.000	85.000	60.000	73.000

	6
1	3187.000
2	319.000
3	109.000
4	1440.000
5	380.000
6	209.000
7	390.000
8	146.000
9	65.000

Средняя общая :	594.259
Средняя ошибка средней :	111.328
Относительная ошибка средней, % :	18.734
Средняя ошибка разности средних :	157.441
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	318.204

Таблица средних значений

Номера вариантов	:	Средние по вариантам	:	Отклонения от стандарта	:	Различия сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 318.204	:
ст.	:		:		:		:
1	:	2549.500	:	---	:	---	:
2	:	367.000	:	-2182.500	:	+	:
3	:	109.833	:	-2439.667	:	+	:
4	:	1236.000	:	-1313.500	:	+	:
5	:	301.000	:	-2248.500	:	+	:
6	:	178.500	:	-2371.000	:	+	:
7	:	382.667	:	-2166.833	:	+	:
8	:	157.000	:	-2392.500	:	+	:
9	:	66.833	:	-2482.667	:	+	:

**Приложение 56. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	1809.000	1926.000	2493.000	3147.000	3161.000
2	306.000	579.000	594.000	352.000	361.000
3	93.000	134.000	189.000	118.000	124.000
4	710.000	1200.000	1428.000	1326.000	1383.000
5	257.000	238.000	374.000	353.000	376.000
6	216.000	162.000	229.000	151.000	172.000
7	155.000	352.000	760.000	458.000	483.000
8	118.000	233.000	252.000	136.000	140.000
9	44.000	96.000	104.000	55.000	68.000

	6
1	3166.000
2	355.000
3	124.000
4	1428.000
5	375.000
6	184.000
7	499.000
8	153.000
9	75.000

Средняя общая :	625.444
Средняя ошибка средней :	100.562
Относительная ошибка средней, % :	16.078
Средняя ошибка разности средних :	142.216
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	287.433

Таблица средних значений

Номера вариантов	:	Средние по вариантам	:	Отклонения от стандарта	:	Различия сущест./несущ. (+/-) : Н.С.Р.= 287.433	:
ст.	:		:		:		:
1	:	2617.000	:	---	:	---	:
2	:	424.500	:	-2192.500	:	+	:
3	:	130.333	:	-2486.667	:	+	:
4	:	1245.833	:	-1371.167	:	+	:
5	:	328.833	:	-2288.167	:	+	:
6	:	185.667	:	-2431.333	:	+	:
7	:	451.167	:	-2165.833	:	+	:
8	:	172.000	:	-2445.000	:	+	:
9	:	73.667	:	-2543.333	:	+	:

**Приложение 57. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	2124.000	2826.000	2334.000	3192.000	2438.000
2	207.000	288.000	459.000	310.000	286.000
3	80.000	102.000	83.000	115.000	96.000
4	763.000	1201.000	1043.000	1435.000	1098.000
5	289.000	367.000	203.000	378.000	366.000
6	225.000	261.000	90.000	120.000	103.000
7	253.000	345.000	551.000	379.000	380.000
8	67.000	133.000	141.000	143.000	138.000
9	44.000	67.000	70.000	61.000	60.000

	6
1	2217.000
2	181.000
3	57.000
4	433.000
5	241.000
6	59.000
7	221.000
8	124.000
9	46.000

Средняя общая :	542.463
Средняя ошибка средней :	77.855
Относительная ошибка средней, % :	14.352
Средняя ошибка разности средних :	110.104
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	222.532

Таблица средних значений

Номера вариантов	:	Средние по вариантам	:	Отклонения от стандарта	:	Различия сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 222.532	:
ст. 1	:	2521.833	:	---	:	---	:
2	:	288.500	:	-2233.333	:	+	:
3	:	88.833	:	-2433.000	:	+	:
4	:	995.500	:	-1526.333	:	+	:
5	:	307.333	:	-2214.500	:	+	:
6	:	143.000	:	-2378.833	:	+	:
7	:	354.833	:	-2167.000	:	+	:
8	:	124.333	:	-2397.500	:	+	:
9	:	58.000	:	-2463.833	:	+	:

**Приложение 58. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2003-2008 годы исследований**

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	2178.000	2859.000	2379.000	3196.000	2536.000
2	279.000	324.000	498.000	356.000	283.000
3	154.000	115.000	99.000	122.000	100.000
4	1358.000	1281.000	1053.000	1379.000	1345.000
5	328.000	402.000	242.000	368.000	339.000
6	234.000	238.000	117.000	169.000	154.000
7	335.000	382.000	583.000	480.000	437.000
8	118.000	163.000	155.000	143.000	145.000
9	67.000	74.000	81.000	60.000	57.000

	6
1	2180.000
2	176.000
3	50.000
4	401.000
5	233.000
6	52.000
7	208.000
8	120.000
9	50.000

Средняя общая :	578.426
Средняя ошибка средней :	80.124
Относительная ошибка средней, % :	13.852
Средняя ошибка разности средних :	113.312
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	229.014

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 229.014 :
ст. 1 :	2554.667 :	---	---
2 :	319.333 :	-2235.333 :	+
3 :	106.667 :	-2448.000 :	+
4 :	1136.167 :	-1418.500 :	+
5 :	318.667 :	-2236.000 :	+
6 :	160.667 :	-2394.000 :	+
7 :	404.167 :	-2150.500 :	+
8 :	140.667 :	-2414.000 :	+
9 :	64.833 :	-2489.833 :	+

Приложение 59. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя первого укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	2209.000	2186.000	2328.000	2241.000	2193.000
2	502.000	484.000	499.000	495.000	394.000
3	1320.000	1327.000	1352.000	1333.000	1376.000
4	792.000	772.000	791.000	785.000	908.000
5	453.000	457.000	488.000	466.000	519.000
6	343.000	346.000	367.000	352.000	396.000
7	520.000	538.000	568.000	542.000	503.000
8	332.000	329.000	347.000	336.000	324.000
9	210.000	245.000	252.000	236.000	251.000

	6
1	2764.000
2	365.000
3	1230.000
4	678.000
5	231.000
6	286.000
7	384.000
8	306.000
9	226.000

Средняя общая :	749.574
Средняя ошибка средней :	38.040
Относительная ошибка средней, % :	5.075
Средняя ошибка разности средних :	53.797
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	108.729

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 108.729 :
ст. 1 :	2320.167 :	---	---
2 :	456.500 :	-1863.667 :	+
3 :	1323.000 :	-997.167 :	+
4 :	787.667 :	-1532.500 :	+
5 :	435.667 :	-1884.500 :	+
6 :	348.333 :	-1971.833 :	+
7 :	509.167 :	-1811.000 :	+
8 :	329.000 :	-1991.167 :	+
9 :	236.667 :	-2083.500 :	+

Приложение 60. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы естественного травостоя второго укоса в зависимости от уровня минерального питания за 2009-2014 годы исследований

Исходная матрица:

	1	2	3	4	5
1	2037.000	2116.000	2231.000	2128.000	2169.000
2	483.000	475.000	491.000	482.000	422.000
3	334.000	343.000	346.000	341.000	414.000
4	1349.000	1346.000	1358.000	1351.000	1416.000
5	772.000	779.000	783.000	778.000	891.000
6	348.000	342.000	348.000	346.000	554.000
7	526.000	521.000	531.000	526.000	518.000
8	413.000	418.000	408.000	413.000	308.000
9	343.000	337.000	346.000	242.000	228.000

	6
1	2708.000
2	371.000
3	276.000
4	946.000
5	703.000
6	239.000
7	374.000
8	318.000
9	231.000

Средняя общая :	737.352
Средняя ошибка средней :	46.518
Относительная ошибка средней, % :	6.309
Средняя ошибка разности средних :	65.786
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	132.960

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 132.960 :
ст. 1 :	2231.500 :	---	---
2 :	454.000 :	-1777.500 :	+
3 :	342.333 :	-1889.167 :	+
4 :	1294.333 :	-937.167 :	+
5 :	784.333 :	-1447.167 :	+
6 :	362.833 :	-1868.667 :	+
7 :	499.333 :	-1732.167 :	+
8 :	379.667 :	-1851.833 :	+
9 :	287.833 :	-1943.667 :	+

**Приложение 61. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:					
	1	2	3	4	5
1	2366.000	2453.000	2340.000	2377.000	2316.000
2	338.000	395.000	390.000	284.000	368.000
3	175.000	166.000	475.000	389.000	408.000
4	938.000	1473.000	1486.000	1447.000	1284.000
5	286.000	754.000	960.000	678.000	870.000
6	234.000	295.000	519.000	532.000	583.000
7	210.000	706.000	585.000	507.000	536.000
8	163.000	203.000	346.000	355.000	318.000
9	138.000	103.000	308.000	262.000	268.000

	6
1	2393.000
2	366.000
3	254.000
4	846.000
5	528.000
6	237.000
7	338.000
8	301.000
9	218.000

Средняя общая :	704.963
Средняя ошибка средней :	65.597
Относительная ошибка средней, % :	9.305
Средняя ошибка разности средних :	92.768
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	187.493

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 187.493	:
ст.	:		:		:		:
1	:	2374.167	:	---	:	---	:
2	:	356.833	:	-2017.333	:	+	:
3	:	311.167	:	-2063.000	:	+	:
4	:	1245.667	:	-1128.500	:	+	:
5	:	679.333	:	-1694.833	:	+	:
6	:	400.000	:	-1974.167	:	+	:
7	:	480.333	:	-1893.833	:	+	:
8	:	281.000	:	-2093.167	:	+	:
9	:	216.167	:	-2158.000	:	+	:

**Приложение 62. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при поверхностном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:					
	1	2	3	4	5
1	2096.000	2120.000	2479.000	2455.000	2336.000
2	393.000	361.000	343.000	327.000	356.000
3	169.000	172.000	425.000	443.000	416.000
4	897.000	1059.000	1491.000	1505.000	1292.000
5	292.000	561.000	869.000	683.000	852.000
6	209.000	298.000	650.000	541.000	562.000
7	383.000	577.000	548.000	540.000	542.000
8	170.000	236.000	371.000	398.000	324.000
9	129.000	197.000	331.000	278.000	232.000

	6
1	2351.000
2	369.000
3	258.000
4	838.000
5	531.000
6	241.000
7	340.000
8	310.000
9	220.000

Средняя общая :	691.963
Средняя ошибка средней :	65.938
Относительная ошибка средней, % :	9.529
Средняя ошибка разности средних :	93.250
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	188.468

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 188.468 :
ст. 1 :	2306.167 :	---	---
2 :	358.167 :	-1948.000 :	+
3 :	313.833 :	-1992.333 :	+
4 :	1180.333 :	-1125.833 :	+
5 :	631.333 :	-1674.833 :	+
6 :	416.833 :	-1889.333 :	+
7 :	488.333 :	-1817.833 :	+
8 :	301.500 :	-2004.667 :	+
9 :	231.167 :	-2075.000 :	+

**Приложение 63. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя первого укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:					
	1	2	3	4	5
1	2250.000	2528.000	2443.000	2333.000	2243.000
2	455.000	280.000	796.000	436.000	428.000
3	290.000	209.000	388.000	357.000	392.000
4	935.000	1240.000	1125.000	1207.000	1338.000
5	258.000	359.000	638.000	725.000	918.000
6	146.000	288.000	484.000	393.000	559.000
7	308.000	352.000	536.000	432.000	540.000
8	135.000	250.000	466.000	295.000	394.000
9	156.000	172.000	248.000	248.000	327.000

	6
1	2225.000
2	348.000
3	335.000
4	846.000
5	428.000
6	236.000
7	350.000
8	286.000
9	230.000

Средняя общая :	677.482
Средняя ошибка средней :	61.052
Относительная ошибка средней, % :	9.012
Средняя ошибка разности средних :	86.341
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	174.504

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 174.504	:
ст. 1	:	2337.000	:	---	:	---	:
2	:	457.167	:	-1879.833	:	+	:
3	:	328.500	:	-2008.500	:	+	:
4	:	1115.167	:	-1221.833	:	+	:
5	:	554.333	:	-1782.667	:	+	:
6	:	351.000	:	-1986.000	:	+	:
7	:	419.667	:	-1917.333	:	+	:
8	:	304.333	:	-2032.667	:	+	:
9	:	230.167	:	-2106.833	:	+	:

**Приложение 64. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы сеяного травостоя второго укоса при коренном
улучшении луга в зависимости от уровня минерального питания
за 2009-2014 годы исследований**

Исходная матрица:					
	1	2	3	4	5
1	1934.000	2409.000	2546.000	2256.000	2776.000
2	311.000	398.000	376.000	509.000	406.000
3	197.000	251.000	396.000	329.000	416.000
4	915.000	909.000	998.000	1238.000	1330.000
5	241.000	498.000	548.000	684.000	924.000
6	144.000	323.000	465.000	325.000	581.000
7	305.000	397.000	498.000	428.000	577.000
8	173.000	364.000	473.000	354.000	382.000
9	126.000	277.000	388.000	316.000	198.000

	6
1	2230.000
2	356.000
3	231.000
4	852.000
5	433.000
6	240.000
7	355.000
8	294.000
9	238.000

Средняя общая :	668.852
Средняя ошибка средней :	66.900
Относительная ошибка средней, % :	10.002
Средняя ошибка разности средних :	94.611
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	191.219

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 191.219	:
ст. 1	:	2358.500	:	---	:	---	:
2	:	392.667	:	-1965.833	:	+	:
3	:	303.333	:	-2055.167	:	+	:
4	:	1040.333	:	-1318.167	:	+	:
5	:	554.667	:	-1803.833	:	+	:
6	:	346.333	:	-2012.167	:	+	:
7	:	426.667	:	-1931.833	:	+	:
8	:	340.000	:	-2018.500	:	+	:
9	:	257.167	:	-2101.333	:	+	:

Приложение 65. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня полного
 минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2990.000	2866.000	2952.000
2	1322.000	1318.000	1338.000
3	845.000	809.000	848.000
4	479.000	437.000	461.000
5	469.000	479.000	492.000
6	280.000	286.000	313.000
7	275.000	268.000	297.000

Средняя общая :	944.000
Средняя ошибка средней :	16.521
Относительная ошибка средней, % :	1.750
Средняя ошибка разности средних :	23.365
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	50.112

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
				Н.С.Р.= 50.112
ст.	1	2936.000	---	---
	2	1326.000	-1610.000	+
	3	834.000	-2102.000	+
	4	459.000	-2477.000	+
	5	480.000	-2456.000	+
	6	293.000	-2643.000	+
	7	280.000	-2656.000	+

Приложение 66. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня полного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2880.000	2796.000	2877.000
2	1215.000	1208.000	1231.000
3	834.000	811.000	842.000
4	440.000	421.000	456.000
5	476.000	422.000	467.000
6	312.000	285.000	321.000
7	256.000	286.000	277.000

Средняя общая :	910.143
Средняя ошибка средней :	14.473
Относительная ошибка средней, % :	1.590
Средняя ошибка разности средних :	20.468
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	43.900

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
		:	:	: Н.С.Р.= 43.900 :
ст.	1	2851.000	---	---
	2	1218.000	-1633.000	+
	3	829.000	-2022.000	+
	4	439.000	-2412.000	+
	5	455.000	-2396.000	+
	6	306.000	-2545.000	+
	7	273.000	-2578.000	+

Приложение 67. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы двухисточника тростникового в зависимости от уровня полного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2325.000	2296.000	2378.000
2	1208.000	1186.000	1227.000
3	736.000	698.000	744.000
4	398.000	363.000	418.000
5	426.000	412.000	458.000
6	259.000	238.000	268.000
7	255.000	231.000	258.000

Средняя общая :	799.143
Средняя ошибка средней :	14.703
Относительная ошибка средней, % :	1.840
Средняя ошибка разности средних :	20.794
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	44.598

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)
				Н.С.Р.= 44.598
ст.	1	2333.000	---	---
	2	1207.000	-1126.000	+
	3	726.000	-1607.000	+
	4	393.000	-1940.000	+
	5	432.000	-1901.000	+
	6	255.000	-2078.000	+
	7	248.000	-2085.000	+

Приложение 68. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы ежи сборной в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2990.000	2866.000	2952.000
2	438.000	427.000	458.000
3	363.000	342.000	369.000

Средняя общая :	1245.000
Средняя ошибка средней :	22.316
Относительная ошибка средней, % :	1.792
Средняя ошибка разности средних :	31.559
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	77.223

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 77.223 :
ст. 1 :	2936.000 :	---	---
2 :	441.000 :	-2495.000 :	+
3 :	358.000 :	-2578.000 :	+

Приложение 69. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы овсяницы луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2880.000	2796.000	2877.000
2	493.000	397.000	463.000
3	360.000	315.000	351.000

Средняя общая :	1214.667
Средняя ошибка средней :	24.152
Относительная ошибка средней, % :	1.988
Средняя ошибка разности средних :	34.157
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	83.578

Таблица средних значений

Номера : вариантов :	Средние по : вариантам :	Отклонения : от стандарта :	Различия : сущест./несущ. (+/-) :
:	:	:	Н.С.Р.= 83.578 :
ст. 1 :	2851.000 :	---	---
2 :	451.000 :	-2400.000 :	+
3 :	342.000 :	-2509.000 :	+

Приложение 70. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы двукисточника тростникового в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	2325.000	2296.000	2378.000
2	462.000	398.000	448.000
3	378.000	358.000	391.000

Средняя общая :	1048.222
Средняя ошибка средней :	18.670
Относительная ошибка средней, % :	1.781
Средняя ошибка разности средних :	26.403
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	64.605

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	64.605	:

ст. 1	:	2333.000	:	---	:
2	:	436.000	:	-1897.000	:
3	:	375.667	:	-1957.333	:

Приложение 71. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы люпина желтого в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	996.000	518.000	520.000
2	436.000	357.000	269.000
3	331.000	318.000	172.000

Средняя общая :	435.222
Средняя ошибка средней :	100.342
Относительная ошибка средней, % :	23.055
Средняя ошибка разности средних :	141.906
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	347.229

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	347.229	:

ст. 1	:	678.000	:	---	:
2	:	354.000	:	-324.000	:
3	:	273.667	:	-404.333	:
	:		:	+	:

Приложение 72. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы овса в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	406.000	338.000	124.000
2	308.000	129.000	72.000
3	218.000	102.000	47.000

Средняя общая :	193.778
Средняя ошибка средней :	70.271
Относительная ошибка средней, % :	36.264
Средняя ошибка разности средних :	99.378
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	243.168

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	243.168	:

ст. 1	:	289.333	:	---	:
2	:	169.667	:	-119.667	:
3	:	122.333	:	-167.000	:

**Приложение 73. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы райграсса однолетнего в зависимости от доз
 калийного минерального удобрения**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	549.000	318.000	158.000
2	382.000	246.000	96.000
3	183.000	178.000	72.000

Средняя общая :	242.444
Средняя ошибка средней :	83.690
Относительная ошибка средней, % :	34.519
Средняя ошибка разности средних :	118.355
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	289.604

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	289.604	:

ст. 1	:	341.667	:	---	:
2	:	241.333	:	-100.333	:
3	:	144.333	:	-197.333	:

Приложение 74. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы суданской травы в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	204.000	356.000	171.000
2	157.000	263.000	146.000
3	122.000	198.000	73.000

Средняя общая :	187.778
Средняя ошибка средней :	44.569
Относительная ошибка средней, % :	23.735
Средняя ошибка разности средних :	63.030
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	154.229

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:
	:		:	154.229	:

ст. 1	:	243.667	:	---	:
2	:	188.667	:	-55.000	:
3	:	131.000	:	-112.667	:

Приложение 75. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы проса в зависимости от доз калийного минерального удобрения

Исходная матрица:

	1	2	3
1	343.000	253.000	389.000
2	308.000	176.000	123.000
3	153.000	132.000	89.000

Средняя общая :	218.444
Средняя ошибка средней :	40.724
Относительная ошибка средней, % :	18.643
Средняя ошибка разности средних :	57.592
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	140.923

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:
	:		:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:	Н.С.Р.=	:

ст. 1	:	328.333	:	---	:
2	:	202.333	:	-126.000	:
3	:	124.667	:	-203.667	:

Приложение 76. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы люцерны изменчивой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	450.000	338.000	298.000
2	189.000	159.000	116.000
3	168.000	132.000	115.000
4	142.000	137.000	106.000
5	116.000	96.000	76.000

Средняя общая :	175.867
Средняя ошибка средней :	24.586
Относительная ошибка средней, % :	13.980
Средняя ошибка разности средних :	34.770
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	77.470

Таблица средних значений

Номера		Средние по	Отклонения	Различия	:
вариантов		вариантам	от стандарта	сущест./несущ. (+/-)	:
:		:	:	Н.С.Р.= 77.470	:

ст.	1	362.000	---	---	:
	2	154.667	-207.333	+	:
	3	138.333	-223.667	+	:
	4	128.333	-233.667	+	:
	5	96.000	-266.000	+	:

**Приложение 77. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности
¹³⁷Cs воздушно-сухой массы костреца безостого в зависимости от уровня
 фосфорно-калийного минерального питания**

Исходная матрица:

	1	2	3
1	280.000	216.000	180.000
2	135.000	116.000	98.000
3	98.000	86.000	72.000
4	86.000	78.000	62.000
5	72.000	64.000	50.000

Средняя общая :	112.867
Средняя ошибка средней :	14.945
Относительная ошибка средней, % :	13.241
Средняя ошибка разности средних :	21.136
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	47.092

Таблица средних значений

Номера	:	Средние по	:	Отклонения	:	Различия	:
вариантов	:	вариантам	:	от стандарта	:	сущест./несущ. (+/-)	:
	:		:		:	Н.С.Р.= 47.092	:
ст. 1	:	225.333	:	---	:	---	:
2	:	116.333	:	-109.000	:	+	:
3	:	85.333	:	-140.000	:	+	:
4	:	75.333	:	-150.000	:	+	:
5	:	62.000	:	-163.333	:	+	:

Приложение 78. Дисперсионный анализ (однофакторный) удельной активности ^{137}Cs воздушно-сухой массы тимфеевки луговой в зависимости от уровня фосфорно-калийного минерального питания

Исходная матрица:

	1	2	3
1	240.000	220.000	192.000
2	124.000	98.000	86.000
3	114.000	96.000	84.000
4	86.000	74.000	58.000
5	72.000	64.000	52.000

Средняя общая :	110.667
Средняя ошибка средней :	9.951
Относительная ошибка средней, % :	8.992
Средняя ошибка разности средних :	14.073
Н.С.Р. (уровень значимости = 0.05) :	31.356

Таблица средних значений

Номера : вариантов : :	Средние по : вариантам : :	Отклонения : от стандарта : :	Различия : сущест./несущ. (+/-) : : Н.С.Р.= 31.356 :
ст. 1 :	217.333 :	---	---
2 :	102.667 :	-114.667 :	+
3 :	98.000 :	-119.333 :	+
4 :	72.667 :	-144.667 :	+
5 :	62.667 :	-154.667 :	+