П.Л. ГОРЧАКОВСКИЙ

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Russian Academy of Sciences
Ural Division
Institute of Plant and Animal Ecology

P.L. GORCHAKOVSKY

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION AND RESTORATION OF PRODUCTIVITY OF MEADOW PHYTOCOENOSES

«Ekaterinburg Publishers»
1999

Российская академия наук
Уральское отделение
Институт экологии растений и животных

П.Л. ГОРЧАКОВСКИЙ

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Издательство «Екатеринбург»
1999

УДК 633.203; 502.53:581.5

Горчаковский П.Л. **Антропогенная трансформация и восстановление продуктивности луговых фитоценозов.** — Екатеринбург: Издательство «Екатеринбург», 1999. — 156 с.

ISBN 5-88464-011-0

В монографии рассматриваются закономерности антропогенной трансформации естественных суходольных и пойменных лугов, главным образом, под влиянием выпаса скота и сенокошения. Установлены стадии деградации лугов при чрезмерных антропогенных нагрузках, разработаны рекомендации по восстановлению их потенциальной продуктивности, оптимизация флористического состава и структуры. Деградация луговых фитоценозов рассматривается как одно из проявлений более общего процесса – синантропизации растительного покрова, что выражается в обеднении флористического состава, усилении позиции апофитов и антропофитов, снижении продуктивности и стабильности. Для оценки состояния луговых фитоценозов, находящихся на разных стадиях деградации и регенерации, применен оригинальный метод, заключающийся в определении доли участия синантропных видов в их флористическом составе и в надземной биомассе.

Утверждено к печати Институтом экологии растений и животных УрО РАН

Ответственный редактор
д.б.н. *С.Г. Шиятов*

ISBN 5-88464-011-0

© П.Л.Горчаковский, 1999
© Оформление. Издательство «Екатеринбург», 1999

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5

Глава 1. Трансформация суходольных лугов под влиянием сенокошения и выпаса 6

1.1. Методика исследований 8

1.2. Уровни синантропизации суходольных лугов . . . 9

1.3. Объекты исследований 10

1.4. Изменение флористического состава и структуры луговых сообществ 13

1.5. Изменение продуктивности 22

1.6. Изменение соотношения биоморф 30

1.7. Семенная продуктивность некоторых растений, устойчивых к выпасу 31

1.8. Адаптивные свойства луговых растений, обеспечивающие их пастбищную толерантность; уровни толерантности 34

1.9. Общие закономерности антропогенной трансформации суходольных лугов 37

Глава 2. Деградация пойменных лугов под влиянием выпаса 40

2.1. Пойменные луга в долине р. Чусовой

2.1.1. Луга высокой поймы 42

2.1.2. Луга средней поймы 47

2.1.3. Луга низкой поймы 49

2.1.4. Соотношение экологических и ценотических групп 50

2.1.5. Изменение продуктивности 51

2.2. Пойменные луга в долине р. Амбарки 58

2.2.1. Изменение флористического состава и структуры луговых сообществ 59

2.2.2. Изменение продуктивности 65

2.3. Общие закономерности пастбищной деградации пойменных лугов 67

Глава 3. Восстановление потенциальной продуктивности суходольных лугов 69

3.1. Объекты и методика исследований 69

3.2. Опыт первый — влияние разных видов удобрений как в отдельности, так и в разных комбинациях 79

3.2.1. Изменение флористического и агроботанического состава травостоя 79

3.2.2. Реакция различных видов луговых растений на минеральные удобрения 89
3.2.3. Изменение вертикального распределения надземной и подземной фитомассы . 92
3.2.4. Изменение продуктивности 98
3.2.5. Общие замечания 101
3.3. Опыт второй – влияние различных доз азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне . . 102
3.3.1. Изменение флористического и агроботанического состава травостоя 102
3.3.2. Изменение вертикального распределения надземной и подземной фитомассы 109
3.3.3. Изменение продуктивности 116
3.3.4. Влияние удобрений на моховой покров суходольного луга 118
3.3.5. Общие замечания 120
3.4. Опыт третий – влияние интенсивного (2-х и 3-х укосного) использования на фоне азотно-фосфорно-калийных удобрений 120
3.4.1. Изменение флористического и агроботанического состава травостоя 120
3.4.2. Изменение вертикального распределения надземной фитомассы 127
3.4.3. Изменение продуктивности 132
3.4.4. Общие замечания 134

Глава 4. Стратегия сохранения флористического и ценотического разнообразия лугов в режиме рационального использования 137
4.1. Происхождение луговой флоры и роль человека в формировании луговых фитоценозов 137
4.2. Негативные последствия деятельности человека — сокращение площади и снижение продуктивности естественных лугов 139
4.3. Оптимизация соотношения между естественными и культурными лугами 141
4.4. Генетические резерваты луговой флоры, режим их охраны и использования 143
4.5. Принципиальные основы экологического мониторинга лугов сенокосного и пастбищного использования 145

Заключение 149
Summary 151
Литература 152
Contents 154

ВВЕДЕНИЕ

Стабильность и продуктивность луговых фитоценозов во многом зависит от их флористического богатства. Согласно анализу публикаций о связи видового разнообразия травяных экосистем и стабильности, проведенному Коллинзом (Collins, 1995), большая часть имеющихся данных свидетельствует о том, что чем богаче видами растительные сообщества, тем они стабильнее.

Между тем, под влиянием нарастающих антропогенных воздействий (выпас скота, сенокошение, внесение больших доз азотных удобрений) происходит синантропизация луговой растительности, проявляющаяся в обеднении ее флористического состава, внедрении синантропных видов, упрощении структуры и уменьшении разнообразия фитоценозов, снижении их продуктивности и стабильности.

В связи с этим возникает необходимость изучения закономерностей антропогенной трансформации луговых фитоценозов, сохранения флористического богатства и ценофонда луговой растительности в режиме ее рационального использования, разработки научных основ восстановления потенциальной продуктивности истощенных лугов.

Этому комплексу взаимосвязанных проблем посвящена предлагаемая вниманию читателей книга. В основу её положены результаты исследований, проводенных в течение ряда лет, но особенно интенсивно в период с 1996 по 1998 гг. в рамках проекта РФФИ № 96-04-48058.

Завершение исследований и подготовка к печати этой книги стали возможными благодаря поддержке РФФИ.

Глава 1.

ТРАНСФОРМАЦИЯ СУХОДОЛЬНЫХ ЛУГОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕНОКОШЕНИЯ И ВЫПАСА

В умеренной части северного полушария особенно сильным антропогенным преобразованиям подверглась луговая растительность. Длительная нерациональная эксплуатация во многих районах и местообитаниях привела к деградации травостоев, снижению их хозяйственной ценности. При чрезмерных антропогенных нагрузках в некоторых местах изменения травостоев приобрели необратимый характер, произошла деградация растительных сообществ, и на месте лугов, представляющих определенную хозяйственную ценность, сформировались почти бесплодные антропогенные пустыри.

В бореально-лесной зоне массивы суходольных лугов в большинстве случаев возникли на месте сведенных лесов. В ходе хозяйственного освоения лесных территорий местные жители обычно использовали для сенокошения небольшие лесные поляны в местах с осветленным древесным пологом и хорошо развитым травяным покровом, а затем расширяли их площадь. Во многих случаях на таких полянах формировались достаточно продуктивные и длительно существующие сенокосные угодья, но после перехода к неумеренному пастбищному использованию происходила их деградация.

С древнейших времен травоядные животные оказывали существенное влияние на луговые и степные фитоценозы. Выпас был необходимым условием поддержания равновесия травяных экосистем, их биологического круговорота. При этом количество пасущихся животных регулировалось трофическими связями, емкостью кормовых угодий. Однако после появления человека на Земле и по мере развития животноводства пастбищные нагрузки стали определяться хозяйственной деятельностью человека. Перегрузка пастбищ, их истощение и деградация стали нередким и даже обычным явлением. Выпас перестал быть лишь фактором поддержания стабильности травяных экосистем, а во многих случаях приобрел значение фактора деструктивного.

Общая оценка влияния выпаса скота на луговые экосистемы содержится в трудах Э. Клаппа (1961), С.П. Смелова (1966), А.П. Шенникова (1941), Т.А. Работнова (1984) и др. Из этих

исследований вытекает, что под влиянием выпаса уплотняется почва, ухудшается ее аэрация, отчуждается часть надземной фитомассы, особенно в верхних биогеоценотических горизонтах, что влечет за собой лучшую прогреваемость почвы, увеличение испарения влаги с ее поверхности. В конечном счете происходит коренная перестройка травостоя.

Знание закономерностей антропогенной деградации растительных сообществ необходимо для разработки научных основ рационального использования растительного покрова, обеспечивающего поддержание продуктивности и стабильности фитоценозов на достаточно высоком уровне.

Несмотря на то, что характерные черты этого процесса уже в основном выявлены, имеется ряд нерешенных проблем. В частности, еще слабо освещены особенности пастбищной деградации лугов, отдельных стадий деградации в различных ботанико-географических районах, в разных экотопах; недостаточно охарактеризованы изменения флористического состава, структуры и продуктивности луговых сообществ в ходе деградации, не выявлена в полной мере степень устойчивости (толерантности) отдельных видов растений и растительных сообществ по отношению к выпасу.

Изменение луговых сообществ под влиянием сенокосного и пастбищного использования представляет собой частный случай более общего процесса синантропизации растительного покрова (Горчаковский, 1979, 1984; Falinski, 1971, 1972; Kostrowicki, 1982; Olaczek, 1982; Kornas, 1982).

В сущности, синантропизация представляет собой процесс адаптации растительного мира к условиям среды, созданным или видоизмененным в результате деятельности человека. Формы проявления синантропизации весьма разнообразны (Горчаковский, 1979, 1984): к ним, в частности относится внедрение в состав растительных сообществ синантропных видов растений, замена естественных коренных растительных сообществ производными и синантропными, уменьшение разнообразия, обеднение состава, упрощение структуры, снижение продуктивности и стабильности растительных сообществ. Термин *синантропные растения* мы понимаем в широком смысле, относя к ним все виды, внедряющиеся в нарушаемые человеком фитоценозы или увеличивающие свое обилие по мере нарастания антропогенных нагрузок. В комплексе синантропных видов следует различать виды местной флоры (апофиты) и инорайонные, пришлые (антропофиты).

Нами проведено изучение закономерностей формирования и деградации послелесных суходольных лугов в Шалинском районе Свердловской области, в подзоне южной тайги в низкогорьях и на западных предгорьях Среднего Урала, в бассейнах рек Чусовой и Сылвы (Горчаковский, Абрамчук, 1993).

Луга сформировались в этой части Урала еще в прошлом столетии, а в отдельных случаях и раньше, на месте прежде существовавших хвойных лесов. Луговые поляны площадью от 0,2 до 3-5 га и до настоящего времени окружены лесом. В районе исследования встречаются как луга, вышедшие из-под леса довольно давно (от 50 до 200 лет назад), так и луговые сообщества, возникшие сравнительно недавно, флора которых еще в значительной степени сохранила лесной облик. Длительное использование таких лугов в качестве сенокосов, а вблизи населенных пунктов и в качестве пастбищ, привело к существенным изменениям их состава, структуры и продуктивности, причем в зависимости от характера, длительности и интенсивности использования здесь можно обнаружить луговые сообщества, в разной степени подвергшиеся синантропизации.

В связи с необходимостью организации экологического мониторинга кормовых угодий (Горчаковский, 1984; Горчаковский, Абрамчук, 1984) и обоснования мер по восстановлению их потенциальной продуктивности большое значение приобретает разработка методики оценки уровня синантропизации луговых сообществ. В наших предыдущих публикациях обоснована возможность оценки степени антропогенной деградации лугов по доле участия синантропных видов в их составе (в процентах от общего видового состава и по их вкладу в формирование надземной фитомассы). Эти же критерии были использованы в данной работе.

1.1. Методика исследований

Для характеристики луговой растительности на разных стадиях антропогенной трансформации пробные площади размером 10×10м закладывали с таким расчетом, чтобы на каждое модельное сообщество приходилось не менее 10 описаний. На пробных площадях изучали морфологическое строение почв, брали образцы почвы для механического и химического анализа. Плотность почвы определяли плотномером И.Ф.Голубева. Описание травостоя проводили по подъярусам, если они были выражены. Указывали полный видовой состав, отмечали обилие по шкале Друде, высоту

растений и жизненность, соотношение экобиоморф, присутствие синантропных видов.

Биологическую продуктивность луговых сообществ оценивали в показателях запаса надземной и подземной фитомассы. Учет надземной фитомассы и определение ее вертикальной структуры проводили на площадках 0,5×1м в четырехкратной повторности (Работнов, 1961, 1966). Травостой в период массового цветения большинства растений срезали на уровне поверхности почвы. Срезанную траву сразу же разбирали по агроботаническим группам: злаки, бобовые, разнотравье. Внутри каждой группы выделяли доминанты, кодоминанты и синантропные виды. Фитомассу высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. Для определения запаса подземной фитомассы стальным буром (диаметром 80мм и площадью сечения 50см^2) брали образцы почвы с корневыми системами растений в шестикратной повторности послойно: 0—5, 5—10 см и т.д. Подземные органы растений отмывали в проточной речной воде. Отмытую фитомассу высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали. Полученные данные обработаны с применением методов математической статистики. При учете запаса надземной фитомассы статистическая ошибка не превышала 10%, а подземной фитомассы — 15—20%.

В связи с выяснением пастбищной толерантности растений проводили также изучение семенной продуктивности некоторых видов, наиболее устойчивых к выпасу.

Для оценки степени антропогенной трансформации луговых фитоценозов использовали индексы синантропизации: по видовому составу — доля участия синантропных видов растений в % от всего флористического состава, по фитомассе — доля надземной фитомассы, образованной синантропными растениями в % к её общему запасу. Эти критерии оказались удобными применительно к луговым сообществам на Среднем Урале. Однако они не имеют универсального значения; по отношению к другим типам растительных сообществ и другим регионам в них могут быть внесены соответствующие коррективы.

1.2. Уровни синантропизации суходольных лугов

На основании результатов выполненного исследования, с учетом ранее проведенных работ, можно выделить четыре уровня синантропизации суходольных лугов.

1. Луга, сравнительно недавно сформировавшиеся на месте ранее существовавших лесов. Содержат еще много лесных видов, на поверхности почвы развит довольно мощный моховой покров. Травостой относительно богатый по флористическому составу, в нем абсолютно доминирует разнотравье, примесь злаков незначительна. Индекс синантропизации: по видовому составу — до 15%, по доле в сложении надземной фитомассы — до 5%.

2. Луга, испытавшие более длительное сенокосное использование. Травостой несколько беднее по флористическому составу за счет выпадения части лесных видов. Ведущая роль переходит к верховым и полуверховым злакам, разнотравье отступает на второй план. Замоховелость уменьшается. Индекс синантропизации: по видовому составу от 16 до 25%, по фитомассе 6-15%.

3. Луга, подвергшиеся интенсивному стравливанию. Переход от сенокосного использования к пастбищному сопровождается существенным обеднением видового состава травостоя. Позиция злаков ослабевает с одновременной заменой верховых и полуверховых — низовыми. Мхи исчезают полностью. Индекс синантропизации: по видовому составу 26-60%, по фитомассе 16-65 %.

4. Сильно сбитые сообщества крайне обедненного видового состава, полностью сложенные синантропными, преимущественно однолетними или одно-двулетними видами. Индекс синантропизации: по видовому составу — от 61 до 100%, по фитомассе — от 66 до 100%.

В наших исследованиях уровни синантропизации совпадали со стадиями антропогенной трансформации (или при больших нагрузках — деградации) луговых сообществ.

1.3. Объекты исследований

Объектами исследования послужили восемь наиболее типичных луговых сообществ, находящихся на разных стадиях антропогенной трансформации: на первой — три сообщества, на второй — два, на третьей — два и на четвертой — одно. Уменьшение числа сообществ по мере трансформации — результат конвергенции. Основные признаки изученных сообществ указаны в табл. 1, а флористический состав — в табл.2. Всего в составе флоры суходольных лугов содержится 110 видов (в том числе 18 синантропных); число видов в отдельных сообществах колеблется от 10 до 76.

Таблица 1

Изменение растительности суходольных лугов в ходе антропогенной трансформации

Стадия трансформации	Сообщество	Почва	Травостой				Моховый покров
			Основные компоненты	Покрытие / задернованность (%)	Число видов / В т. ч. синантропных	Индекс синантропизации	
1	2	3	4	5	6	7	8
I	а)Купальницево манжетковое	Дерново-сильноподзолистая оглееная, средне- или тяжелосуглинистая	cop.$_2$ - Alchemilla murbeckiana, cop.$_{1-2}$ - Trollius europaeus, cop.$_1$. - Cirsium heterophyllum, sp.-cop.$_1$. - Geranium sylvaticum, sp. - Agrostis tenuis, Festuca pratensis, F. rubra, Dactylis glomerata, Poa pratensis, Filipendula ulmaria, Geum rivale, Heracleum sibiricum.	85-90 / 10-15	64 / 6	9,4	Pleurozium schreberi, Rhytidiadelphus triquetrus, Hylocomium splendens (покрытие 30-40%)
	б)Купальницево-бодяковое	Дерново-среднеподзолистая глееватая, среднесуглинистая	cop.$_2$ - Cirsium heterophyllum, cop.$_1$ - Trollius europaeus, sp.-cop.$_1$. - Aegopodium podagraria, Alchemilla murbeckiana, Geranium sylvaticum, sp. – Agrostis tenuis, Bupleurum aureum, Dactylis glomerata, Festuca pratensis	85-95 / 10-15	76 / 5	6,6	Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens примесь Aulocomnium palustre, Mnium drummondii (покрытие 30-50%)
	в) Гераниево-снытевое	Дерново-среднеподзолистая глееватая, среднесуглинистая	cop.$_2$ - Aegopodium podagraria, cop.$_{1-2}$. - Geranium sylvaticum, cop.$_1$ - Alchemilla murbeckiana, sp.-cop.$_1$. - Cirsium heterophyllum, sp. - Heracleum sibiricum, Phleum pratense, Dactylis glomerata Festuca pratensis, Alchemilla tubulosa	80-85 / 8-10	69 / 5	7,2	Brachythecium mildeanum, примесь Pleurozium schreberi, Rhytidiadelphus calvescens, Dicranum bonjeani (покрытие 30-50%)

(продолжение табл. 1)

1	2	3	4	5	6	7	8
II	а)Луговоовсяницево-манжетковое	Дерново-перегнойная глееватая, среднесуглинистая	cop.$_2$ - Alchemilla murbeckiana, cop.$_{1-2}$ - Festuca pratensis, sp.-cop.$_1$ - Phleum pratense, Agrostis tenuis, sp. - Festuca rubra, Anthoxanthum odoratum Geranium sylvaticum	85-95 / 20-25	62 / 10	16,1	Thuidium abietinum, Climacium dendroides (покрытие 10%)
	б) Манжетково-луговоовсяницевое	Дерново-перегнойная глееватая, средне- или тяжело-суглинистая	cop.$_2$ - Festuca pratensis, cop.$_1$ - Alchemilla tubulosa, sp.-cop.$_1$ - Phleum pratense, Dactylis glomerata, Agrostis gigantea, sp. - Solidago virgaurea, Leucanthemum vulgare, Festuca rubra, Achillea millefolium	90-95 / 20-25	53 / 10	18,9	Thuidium abietinum, Climacium dendroides (покрытие 10%)
III	а) Манжетково-тминное	Дерново-перегнойная глееватая, средне- и легкосуглинистая	cop.$_2$ - Carum carvi, cop.$_1$ - Alchemilla tubulosa, sp.-cop.$_1$ - Festuca pratensis, F. rubra, Poa pratensis, Achillea millefolium, sp. - Plantago media, Trifolium repens, Taraxacum officinale	80-85 / 20	38 / 10	26,3	Thuidium abietinum, Climacium dendroides (покрытие 5%)
	б) Луговомятликово-ползучеклеверное	Дерново-перегнойная глееватая, деградированная средне- или тяжелосуглинистая	cop.$_2$ - Trifolium repens, cop.$_1$ - Poa pratensis, sp.-cop.$_1$ - Plantago major, sp. - P. media, Achillea millefolium Leontodon autumnalis, Festuca rubra, Alchemilla tubulosa, Taraxacum officinale, Potentilla anserina	85-90 / 25-30	24 / 12	50	Отсутствует
IV	Спорышевое	Дерново-перегнойная глееватая, сильно деградированная средне- и тяжелосуглинистая	cop.$_2$ -Polygonum aviculare, sp. - Plantago media, P. major, Taraxacum officinale,	45-50 / 5	10 / 10	100	Отсутствует

Примечание: как здесь, так и в других таблицах и рисунках, индексы а,б,в при наименовании растительных сообществ, относящихся к тем или иным стадиям трансформации, имеют лишь условное, идентификационное значение и не отражают последовательность их формирования

1.4. Изменение флористического состава и структуры луговых сообществ

Для лугов, находящихся на **I стадии трансформации**, в целом характерна низкая сомкнутость травостоя, слабая задерненность. Плотность почвы невелика: 7-9 кг/см^2. Это обусловливает преобладание по числу видов коротко- и длиннокорневищных многолетних трав, требующих хорошей аэрации почвы. Их участие в сложении фитоценоза достигает в разных вариантах 53-61%. Набор ценотических групп (табл. 3) в травостое разнообразен. Еще довольно велика доля типично лесных видов — Lathyrus gmelinii, L.vernus, Melica nutans, Angelica sylvestris, Asarum europaeum, Aconitum septentrionale, Bupleurum aureum и др. (18,1%); хотя ведущая роль принадлежит лугово-лесным — Campanula patula, Cirsium heterophyllum, Geranium sylvaticum, Veratrum lobelianum и др. (37,2%) и луговым (33,0%) травам; отмечено присутствие лугово-болотных — Myosotis caespitosa, Peucedanum palustre, Polygonum bistorta и др. (10,6%).

Среди экологических групп преобладают мезофиты (77,0%) при довольно значительном участии относительно влаголюбивых растений — гигромезофитов Aegopodium podagraria, Ajuga reptans, Succisa pratensis и др. (8,6%) и мезогигрофитов — Ranunculus monophyllus, Coronaria flos-cuculi, Geum rivale, Filipendula ulmaria (9,6%). Травостой в основе (94-98%) образован многолетними травами, примесь одно-двулетников несущественна (2-6%). Господствующая роль принадлежит разнотравью (46-59 видов), участие бобовых (6-8 видов) и злаков (8-11 видов) незначительно.

Состав флоры отражает особенности происхождения таких лугов: в их травостое еще много типично лесных видов, характерно присутствие лугово-лесных и лугово-болотных. Эти луга отличаются довольно высоким флористическим богатством: число видов в разных вариантах сообществ от 64 до 76, из них синантропных лишь 5-6.

На **II стадии трансформации** плотность почвы выше (10-12кг/см^2). В спектре экобиоморф все еще преобладают коротко- и длиннокорневищные многолетники (47-59%), хотя заметно присутствие корневищно-рыхлодерновинных и рахлодерновинных (9-11%). По соотношению экологических групп такие луга еще довольно сходны с сообществами первого уровня синантропизации: мезофитов 80,6%, гигромезофитов 10,5%, мезогигрофитов 3%, ксеромезофитов 4,5%, но в спектре ценотических групп увеличивается доля соб-

Таблица 2

Флористический состав сообществ суходольных лугов на разных стадиях антропогенной трансформации

№	Название растений	I стадия		
		купальницево-манжетковое	купальницево-бодяковое	гераниево-снытевое
1	2	3	4	5
	Злаки			
1	Agrostis gigantea	sol	-	sol.
2	A. tenuis	sp.	sp.	sp.
3	Anthoxanthum odoratum	sp.	sp.	sol.-sp.
4	Dactylis glomerata	sp.	sp.	sp.
5	Deschampsia caespitosa	sol.	sol.-sp.	sol.
6	*Elytrigia repens	sol.	sol.	sol.
7	Festuca pratensis	sp.	sp.	sp.
8	F. rubra	sp.	-	sol.
9	Melica nutans	-	sol.	sol.
10	Phleum pratense	sol.	-	sp.
11	*Poa annua	-	-	-
12	P. pratensis	sp.	sp.	sol.
	Осоки и ситниковые			
13	Carex leporina	-	-	-
14	Luzula pilosa	sol.	sol.	sol.
	Бобовые			
15	Lathyrus gmelinii	-	sol.	sol.
16	L. pratensis	sol.	sol.	sol.
17	L. vernus	sol.	sol.	-
18	Trifolium medium	sol.	sol.	sp.
19	T. pratense	sol.	sol.-sp.	sol.
20	*T. repens	-	-	-
21	T. spadiceum	sol.	sol.	-
22	Vicia cracca	sol.	sol.	sol
23	V. sepium	sol.	sol.	sol.
	Разнотравье			
24	*Achillea millefolium	sol.-sp.	sol.	sol.
25	Aconitum septentrionale	-	sol.	-
26	Aegopodium podagraria	sol.-sp.	sp.-cop.1	cop.2
27	Ajuga reptans	sol.	sol.-sp.	sol.
28	Alchemilla murbeckiana	cop.2	sp.-cop.1	cop.1
29	*A. tubulosa	sol.-sp.	sol.-sp.	sp.
30	Angelica sylvestris	-	sol.	sol.

II стадия		III стадия		IV стадия
луговоовсяницево-манжетковое	манжетково-луговоовсяницевое	манжетково-тминное	луговомятликово-ползучеклеверное	спорышевое
6	**7**	**8**	**9**	**10**
sol.	sp.-cop.1	-	-	-
sp.-cop.1	sp.	sp.	sol.-sp.	-
sp.	sol.	-	-	-
sp.	sp.-cop.1	sol.	-	-
sol.-sp.	sol.	sol.	sol.-sp.	-
sol.-sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.	-
cop.1-2	cop.2	sp.-cop.1	sol.	-
sp.	sp.	sp.-cop.1	sp.	-
-	-	-	-	-
sp.-cop.1	sp.-cop.1	sol.	sol.	-
-	-	-	-	sp.
sp.	sol.-sp.	sp.-cop.1	cop.1	-
-	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.-sp.	-	-	-	-
sol.-sp.	sol.	sol.	sol.	-
-	sol.-sp.	sp.	cop.2	sp.
-	-	-	-	-
sp.	sol.-sp.	sol.	-	-
sol.-sp.	sol.	-	-	-
sol.	sp.	sp.-cop.1	sp.	sp.
-	-	-	-	-
sp.	-	-	-	-
-	-	-	-	-
cop.2.	sp.	-	-	-
sp.	cop.1	cop.1	sp.	-
-	-	-	-	-

(Продолжение табл. 2)

1	2	3	4	5
31	Antennaria dioica	-	sol.-sp.	-
32	Anthriscus sylvestris	-	sol.	sol.
33	*Artemisia absinthium	-	-	-
34	Asarum europaeum	-	sol.	sol.
35	Betonica officinalis	sol.	sol.	sol.
36	Botrychium lunaria	sol.	sol.	-
37	Bupleurum aureum	sol.-sp.	sp.	sol.
38	Campanula cervicaria	-	sol.	sol.
39	C. patula	-	-	sol.
40	*Capsella bursa-pastoris	-	-	-
41	*Carum carvi	-	-	-
42	Centaurea scabiosa	-	sol.-sp.	sol.
43	C. pseudophrigia	-	sol.	sol.
44	*Cerastium holosteoides	-	-	sol.
45	Cirsium heterophyllum	cop.1	cop.2	sp.-cop.1
46	Coronaria flos-cuculi	sol.	-	sol.
47	Crepis sibirica	-	sol.	sol.
48	Dianthus deltoides	sol.	sol.	sol.
49	Filipendula ulmaria	sp.	sol.	sol.
50	Galium album	-	sol.-sp.	sol.
51	G. boreale	sol.	sol.	sol.-sp.
52	G. palustris	sol.	sol.	-
53	G. uliginosum	sol.	-	-
54	Geranium pratense	sol.	-	sol.
55	G. sylvaticum	sp.-cop.1	sp.-cop.1	cop.1-2
56	Geum rivale	sp.	sol.-sp.	-
57	*Glechoma hederacea	sol.	sol.-sp.	sol.
58	Heracleum sibiricum	sp.	sp.-cop.1	sp.
59	Hieracium pratense	-	sol.	sol.
60	H. umbellatum	-	sol.	-
61	Hypericum maculatum	-	sp.	sp.
62	H. perforatum	-	-	sol.
63	Inula salicina	-	sol.	sol.
64	Knautia arvensis	-	-	sol.
65	*Leontodon autumnalis	-	-	-
66	Leucanthemum vulgare	sol.-sp.	sp.	sol.
67	Ligularia sibirica	sol.	sol.	-
68	*Matricaria perforata	-	-	-
69	Melampyrum pratense	sol.	sol.	-
70	Myosotis caespitosa	sol.	sol.	-
71	M. palustris	sol.	sol.	-
72	Peucedanum palustre	sol.	-	-
73	*Plantago major	sol.	-	-
74	*P. media	-	-	-
75	Pimpinella saxifraga	-	-	-

6	7	8	9	10
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	sol.-sp.
-	-	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	sol.-sp.
sp.	sol.-sp.	cop.2	sol.-sp.	-
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	sol.	-	-
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
sol.	sol.	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
sol.-sp.	sol.	sp.	sol.	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	sol.	sol.	-	-
sp.	-	-	-	-
-	sol.	-	-	-
sol.	sol.	sol.-sp.	-	-
sol.	sol.	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
sol.	-	sol.	-	-
sol.-sp.	sol.-sp.	sol.	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.	-	sp.	sp.	-
sol.-sp.	sp.	sol.-sp.	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	sol.	sp.
sol.	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.-sp.	sol.-sp.	-	sp.-cop.1	sp.
sol.	sol.	sp.	sp.	sp.
sol.	sol.-sp.	sp.	sol.	-

(Окончание табл. 2)

1	2	3	4	5
76	Polemonium coeruleum	sol.	sol.	sol.
77	Polygonum alpinum	-	sol.	sol.
78	*P. aviculare	-	-	-
79	P. bistorta	-	sol.	sol.
80	*Potentilla anserina	-	-	-
81	P. argentea	-	-	-
82	P. goldbachii	-	sol.	sol.
83	P. erecta	sp.	sol.-sp.	-
84	Prunella vulgaris	sol.	sp.	sol.
85	Pulmonaria obscura	-	sol.	-
86	Ranunculus acris	sol.	sol.-sp.	sol.
87	R. auricomus	-	sol.	sol.
88	R. cassubicus	-	sol.	sol.
89	R. monophyllus	sol.	-	-
90	R. polyanthemus	sol.	-	sol.
91	R. repens	-	-	-
92	Rhinanthus vernalis	-	sol.	-
93	*Rumex acetosa	sol.	sol.	-
94	Sanguisorba officinalis	sol.-sp.	-	sol.
95	Sedum purpureum	sol.	sol.	sol.
96	Solidago virgaurea	sol.	sol.-sp.	sol.-sp.
97	Stellaria graminea	sol.	-	-
98	S. holostea	-	-	sol.
99	Succisa pratensis	sol.	sp.	sol.
100	*Taraxacum officinale	-	-	-
101	Thalictrum minus	-	sol.	sol.
102	T. simplex	sol.	sol.	sol.
103	Trollius europaeus	cop.1-2	cop.1	sol.
104	Veratrum lobelianum	sp.	sol.	-
105	Veronica chamaedrys	-	-	sol.
106	V. longifolia	sol.	sol.	sol.
107	V. officinalis	sol.	sol.	-
108	Viola canina	sol.	sol.	-
109	V. mirabilis	sol.	sol.	-
110	V. tricolor	-	-	-
Общее число видов		64	76	69
	в т.ч. синантропных	6	5	5
	индекс синантропизации,%	9,4	6,6	7,2

Звездочкой (*) отмечены синантропные виды

ственно луговых растений (53,7%). Это происходит за счет выпадения некоторых лесных видов (Melica nutans, Anthriscus sylvestris, Angelica sylvestris, Lathyrus vernus, Pulmonaria obscura, Ajuga reptans, Crepis sibirica). Однако участие оставшихся лесных видов —

6	7	8	9	10
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	sol.	cop.2
sol.	sol.	-	-	-
-	sol.	-	sp.	-
-	-	sol.	sol.	-
sol.	-	sol.	-	-
sol.	-	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
-	-	-	-	-
sp.	sol.-sp.	sol.	-	-
sol.-sp.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
sol.	-	sol.	-	-
sol.	sol.-sp.	-	-	-
sol.	-	-	-	-
sol.	sol.-sp.	sol.	-	-
-	-	-	-	-
sol.-sp.	sp.	-	-	-
sol.	sp.	sol.	sol.	-
sol.	-	-	-	-
sol.	-	-	-	-
sol.	sol.-sp.	sp.	sp.	sp.
-	-	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
-	-	-	-	-
sol.	-	-	-	-
sol.	sol.	sol.	sol.	-
-	-	-	-	-
sol.	-	-	-	-
62	53	38	24	10
10	10	10	12	10
16,1	18,9	26,3	50	100

Aegopodium podagraria, Galium boreale, Betonica officinalis, Hieracium umbellatum и др. (7,5%), а также лугово-лесных — Alchemilla murbeckiana, Heracleum sibiricum, Cirsium heterophyllum, Galium album и др. (32,8%), все еще достаточно велико. Крупнотравье

Таблица 3

Соотношение экологических и ценотических групп во флоре суходольных лугов на разных стадиях антропогенной трансформации

Группы видов	Стадии							
	I		II		III		IV	
	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%
Экологические								
Ксеромезофиты	2	2,1	3	4,5	1	2,4	-	-
Мезоксерофиты	-	-	-	-	1	2,4	-	-
Мезофиты	73	77,7	54	80,6	36	85,7	10	100
Мезогигрофиты	9	9,6	2	3	-	-	-	-
Гигромезофиты	8	8,5	7	10,5	4	9,5	-	-
Гигрофиты	2	2,1	1	10,4	-	-	-	-
Всего	94	100	67	100	42	100	10	100
Ценотические								
Лесостепные	1	1,1	2	3	2	4,8	-	-
Лесные	17	18,1	5	7,5	1	2,4	-	-
Лугово-лесные	35	37,2	22	32,8	10	23,8	-	-
Луговые	31	33	36	53,7	28	66,6	6	60
Лугово-болотные	10	10,6	2	3	-	-	-	-
Рудеральные	-	-	-	-	1	2,4	4	40
Всего	94	100	67	100	42	100	10	100

уступает ведущую позицию злакам — Festuca pratensis, Dactylis glomerata, Phleum pratense, Agrostis tenuis. В связи с этим степень задернения возрастает, а проективное покрытие травостоя остается высоким. Появляются ранее отсутствовавшие синантропные растения — Leontodon autumnalis, Potentilla anserina, возрастает обилие Alchemilla tubulosa. Травостой в основе (92-94%) образован многолетними травами, роль одно-двулетников невелика. Общее флористическое богатство в сравнении с предыдущим уровнем ниже: от 53 до 62 видов в разных сообществах. Снижение численности лесных видов частично компенсируется внедрением синантропных, число которых возрастает до 10.

На **III стадии трансформации** сенокосный режим сменяется пастбищным. Почва уплотняется (плотность 19-25 кг/см^2). Под

влиянием стравливания в составе экобиоморф несколько ослабевает позиция коротко- и длиннокорневищных многолетников (34-40%), но усиливается роль корневищно-рыхлодерновинных, рыхло- и плотнодерновинных многолетников. Резко уменьшается доля лесных (2,4%), лугово-лесных (23,8%) видов. Из числа лесных видов выпадают Aegopodium podagraria, Betonica officinalis, Botrychium lunaria, Crepis sibirica, из лугово-лесных — Hypericum perforatum, H.maculatum, из лугово-болотных — Coronaria flos-cuculi, Geum rivale, Polygonum bistorta, Potentilla erecta.

Однако о былой связи таких лугов с сообществами послелесного происхождения свидетельствует присутствие некоторых, проявивших большую толерантность, лесных (Galium boreale, Viola canina, Veronica chamaedrys) и лугово-лесных (Alchemilla tubulosa, Cerastium holosteoides, Galium album, Hypericum maculatum, Stellaria graminea) видов. Характерно внедрение и усиление позиции рудеральных растений — Matricaria perforata, Polygonum aviculare, Taraxacum officinale. В травостое господствуют собственно луговые виды (66,6%). Внедрения новых лесостепных видов не происходит, но доля их участия несколько возрастает в связи со снижением общего видового богатства.

В экологическом спектре доминируют мезофиты (85,7%), ксеромезофиты и мезоксерофиты составляют в совокупности 4,8%, мезогигрофиты выпадают, а участие гигромезофитов не превышает 9,5%. Изменяется и соотношение экобиоморф: процент длинно- и короткокорневищных растений снижается; господствующее положение приобретают виды с ползучими укореняющимися надземными побегами — Trifolium repens, Potentilla anserina; основу травостоя по-прежнему образуют многолетние травы (88-95%), а на долю одно-двулетников приходится 5-12%. Флористический состав еще более упрощается, в отдельных сообществах насчитывается лишь 24-38 видов. Число синантропных видов несколько возрастает (10-12).

На **IV стадии трансформации** под влиянием длительных и весьма интенсивных пастбищных нагрузок плотность почвы увеличивается до 28-30 кг/см^2. В сложении травостоя участвуют две ценотические группы — луговые (60%) и рудеральные (40%). Многолетние злаки полностью выпадают, им на смену приходит рыхлодерновинный одно-двулетник Poa annua. Среди разнотравья значительно усиливается позиция однолетников (Polygonum aviculare) и одно-двулетников (Matricaria perforata, Capsella bursa-pastoris). Всего на долю однолетников и одно-двулетников (включая как злаки, так и разнотравье) приходится 40% видового со-

става. Многолетнее разнотравье представлено розеточными видами — Taraxacum officinale, Plantago media, P. major (30%). Доминируют виды, у которых большая часть фитомассы располагается в приземном горизонте и поэтому лучше сохраняется при стравливании. Наибольшего развития достигает спорыш, или горец птичий Polygonum aviculare; как правило, его появлению предшествует сильное уплотнение почвы. Экологический спектр представлен только одной группой — мезофитами (100%). В сложении травостоя принимают участие десять видов, все они относятся к синантропным.

1.5. Изменение продуктивности

В сообществах, относящихся к **I стадии трансформации**, общий запас фитомассы сосудистых растений колеблется от 1788 до 2390 г/м^2, в том числе надземной 188-247 г/м^2, подземной 1600-2143 г/м^2. Отношение надземной фитомассы к подземной в разных сообществах составляет 1:8,4-1:8,7 (табл.4). Надземная фитомасса (рис. 1) сосредоточена в основном в нижних горизонтах, причем от четверти до трети ее расположено в слое ниже уровня скашивания (0-7 см).

В составе травостоя по массе преобладает разнотравье, значительно меньшей долей представлены злаки и бобовые (рис.2). Основную продукцию фитомассы формируют виды доминанты и кодоминанты: Alchemilla murbeckiana, Aegopodium podagraria, Cirsium heterophyllum, Geranium sylvaticum, Trollius europaeus. Масса синантропных видов незначительна (менее 4%). Моховой покров хорошо развит, на его долю приходится от 99 до 163,3г/м^2.

Большая часть подземной фитомассы находится в горизонте 0-5 см. Поверхностная локализация корневых систем, по-видимому, объясняется рядом причин: более высоким плодородием верхнего горизонта (Шалыт, 1950), лучшей аэрацией, меньшим содержанием углекислого газа в верхних слоях (Клапп, 1961; Работнов, 1978, 1978а).

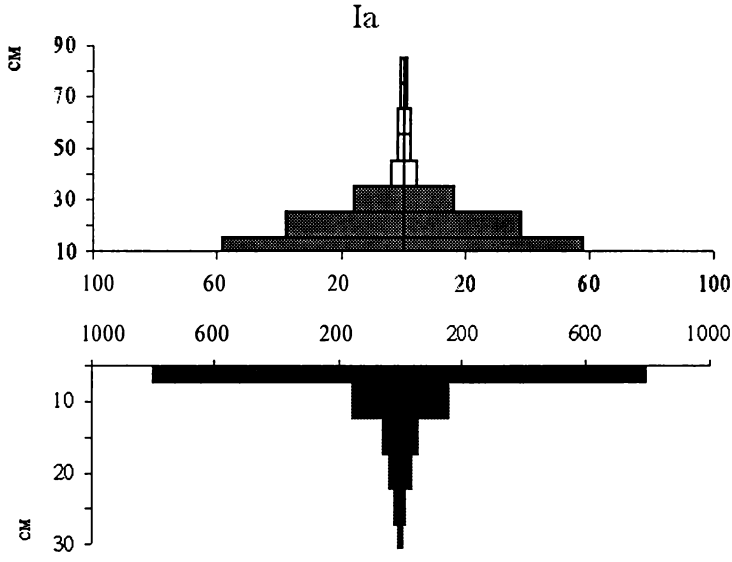
Кормовые достоинства травостоя низкие из-за присутствия ядовитых трав — Trollius europaeus, Veratrum lobelianum, видов Ranunculus, Hypericum, а также малоценных в кормовом отношении и слабо поедаемых видов — Aegopodium podagraria, Cirsium heterophyllum, Alchemilla murbeckiana и др.

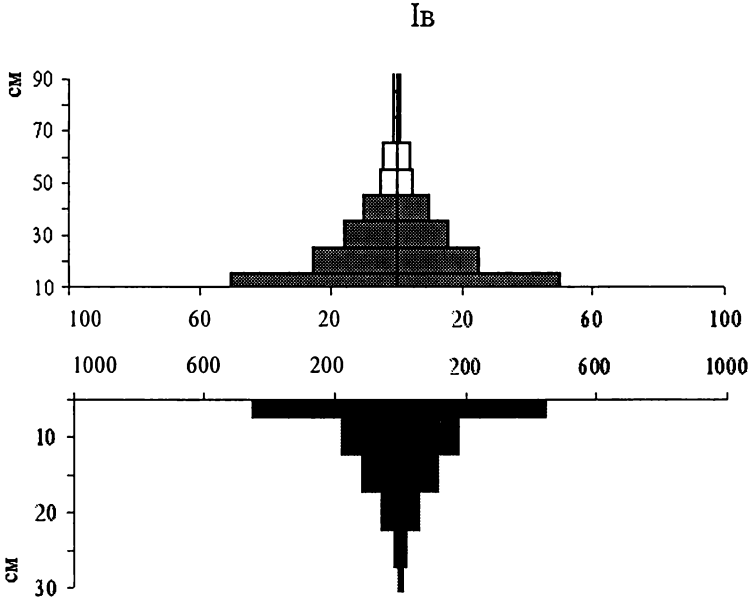
На II стадии трансформации запас надземной фитомассы несколько возрастает (311-347 г/м^2), общий запас фитомассы

Таблица 4

Изменение продуктивности сообществ суходольных лугов по мере их антропогенной трансформации

Стадия транс-фор-мации	Сообщество	Запас фитомассы, г/м^2 возд.-сух. вещества			Отношение запаса надземной фитомассы к подземной	Доля синантропных видов в сложении надземной фитомассы	
		надзем-ной	подзем-ной	общий (надземная и подземная)		г/м^2	%
I	а) Купальницево-манжетковое	247	2143	2390	1:8,7	9	3,6
	б) Купальницево-бодяковое	188	1600	1788	1:8,5	7	3,7
	в) Герациево-снытевое	227	1910	2137	1:8,4	8,5	3,7
II	а) Лугововсяницево-манжетковое	311	1798	2109	1:5,8	16	5.1
	б) Манжетково-лугововсяницевое	347	1800	2147	1:5,2	36	10,4
III	а) Манжетково-тминное	176	1603	1779	1:9,1	98	55,7
	б) Луговомятликово-ползучеклеверное	143	1340	1483	1:9,4	91	63,6
IV	Спорышевое	34	281	315	1:8,3	34	100


Ia
см
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100
1000
600
200
200
600
1000
10
20
см
30


Iв
см
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100
1000
600
200
200
600
1000
10
20
см
30

1 1[a] 2

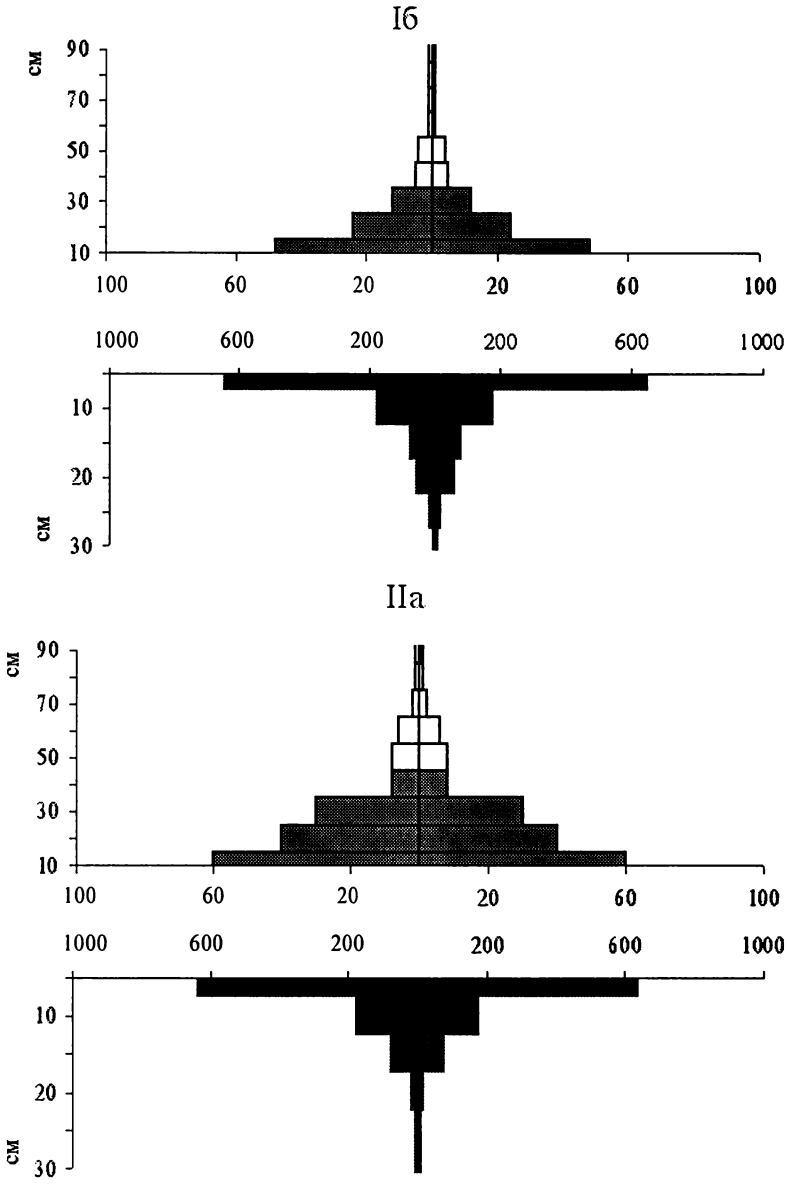
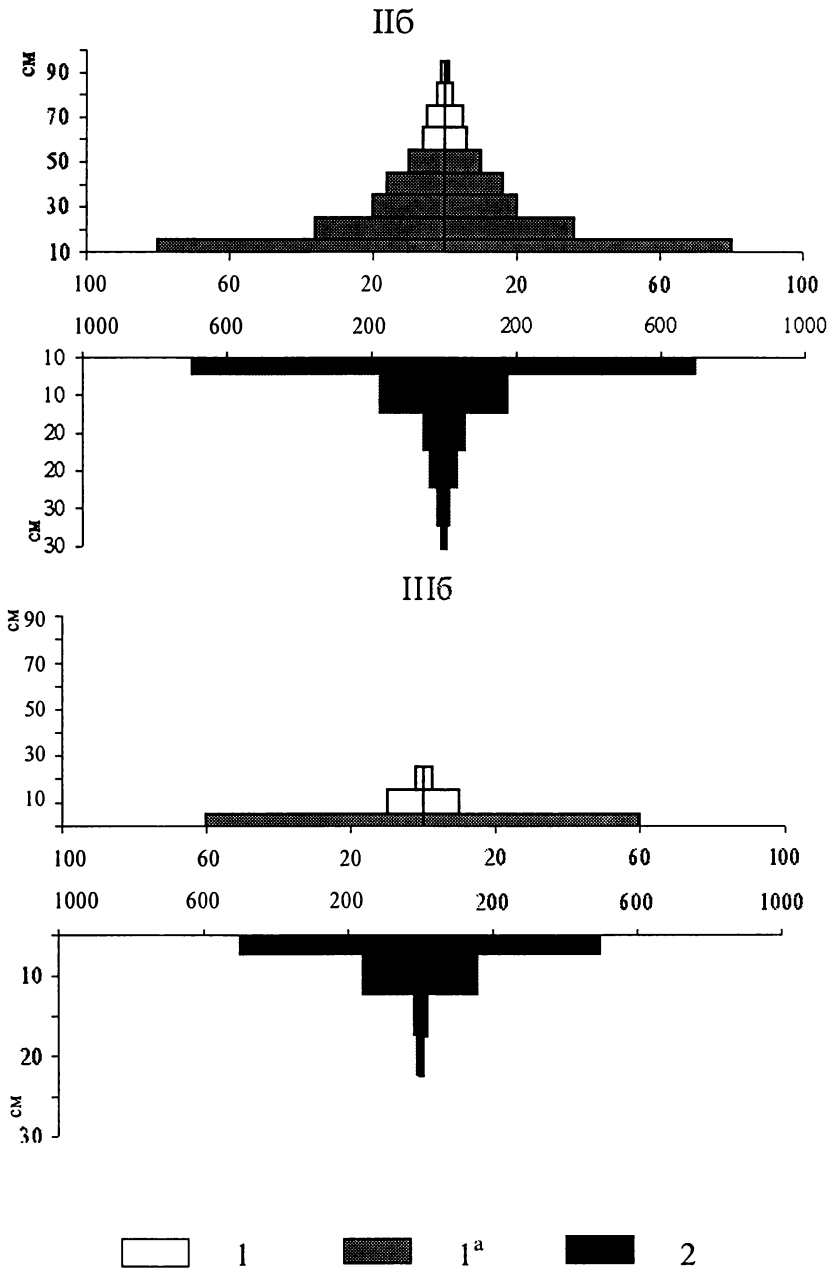


Рис. 1. Послойное распределение (стратификация) фитомассы в луговых сообществах на разных стадиях антропогенной трансформации (I-IV). Фитомасса, г/м²: *1* и *1а* — надземная; *1а* — в том числе основная ее часть (85%); *2* — подземная


IIб
см
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100
1000
600
200
200
600
1000
10
10
20
20
30
см
30
IIIб
см
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100
1000
600
200
200
600
1000
10
20
см
30
1
1а
2

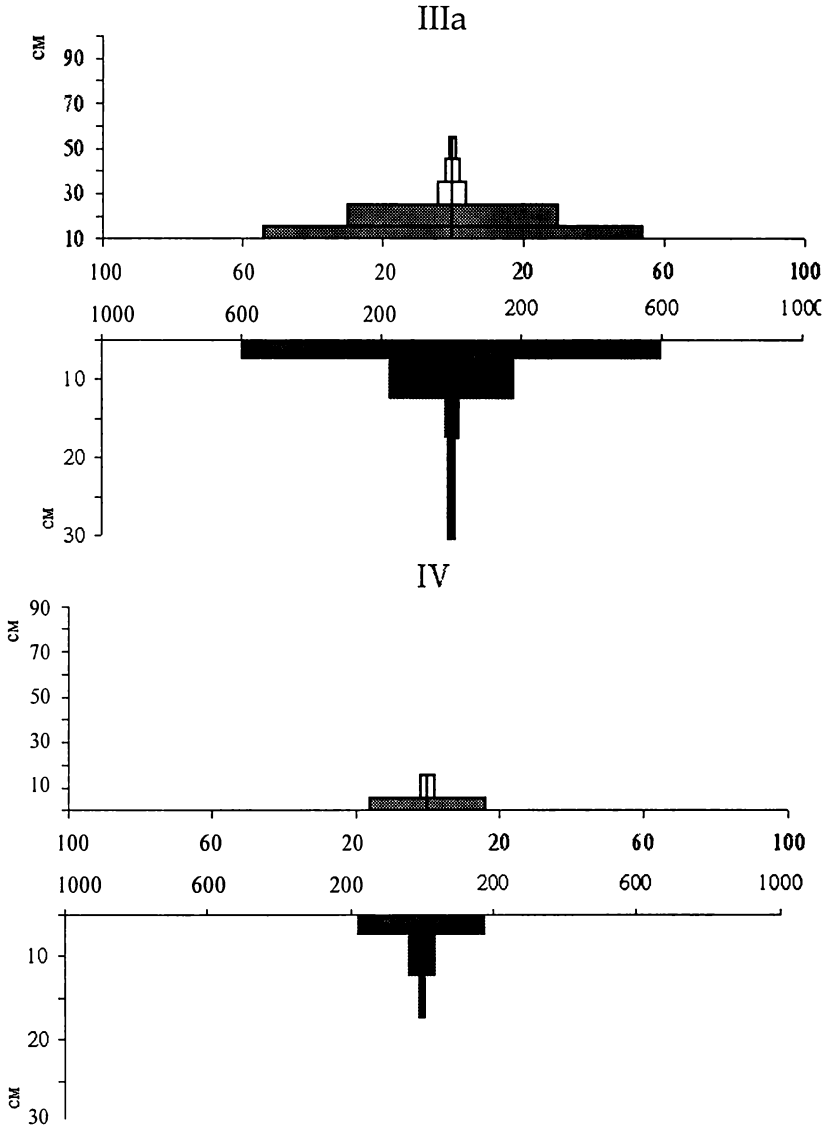


Рис. 1. (Продолжение)

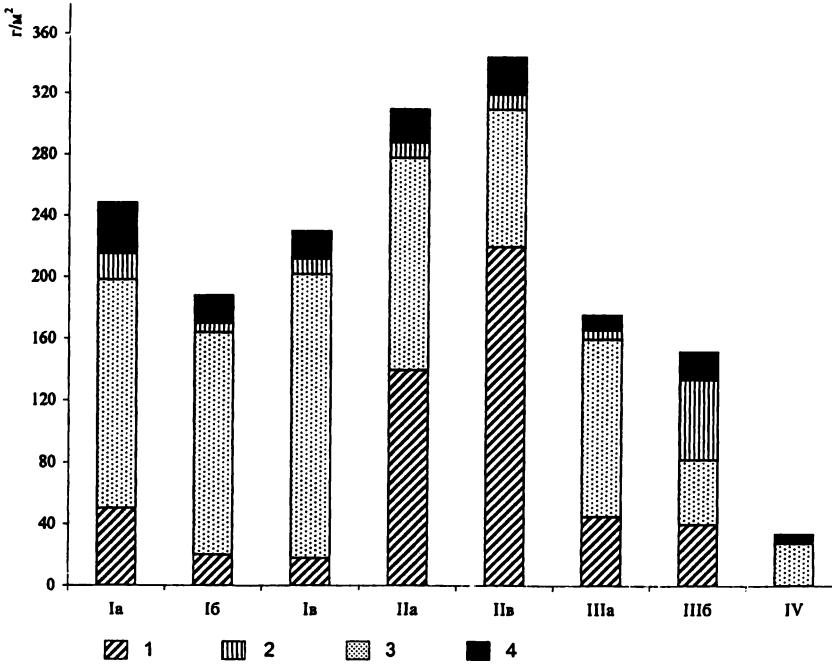


Рис. 2. Соотношение агроботанических групп в составе травостоя (г/м²) на разных стадиях антропогенной трансформации (I-IV). *1* — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — ветошь

составляет 2109-2147 г/м²; отношение надземной массы к подземной 1:5,2-1:5,8. В распределении надземной фитомассы отмечено снижение ее содержания в горизонте 0-7 см и более равномерное распределение по вертикальному профилю. В горизонте 0-5 см сосредоточена большая часть подземной фитомассы, а в слое 25-30 см — лишь 1,1-1,7 %.

В травостое под влиянием длительного сенокошения на смену крупнотравью приходят злаки, обладающие хорошей отавностью. Из них начинает доминировать овсяница луговая Festuca pratensis — вид очень пластичный, с широким экологическим диапазоном. Тимофеевка луговая Phleum pratense и ежа сборная Dactylis glomerata образуют только примесь, что объясняется недостаточной обеспеченностью почвы питательными веществами. В целом злаки создают половину или более половины всей надземной фитомассы, а разнотравье — более трети. Масса бобовых незначительна. На этом уровне заметно возрастает масса синантропных видов (5,1 — 10,4%). Формируется плотный высокорослый

травостой, в связи с чем резко снижается масса мхов (49,9-97,6 г/м^2).

Кормовые достоинства травостоя высокие, что определяется присутствием таких трав, как овсяница луговая, тимофеевка луговая, ежа сборная и др. В районе исследований это самые продуктивные и ценные в хозяйственном отношении луга. Основные виды трав, входящие в состав травостоя, отличаются высокой питательностью и хорошими технологическими свойствами (быстрая сушка, низкие потери при уборке сена).

Для луговых сообществ **III стадии трансформации** характерно существенное уменьшение запаса надземной фитомассы (143-176 г/м^2). Мхи почти полностью выпадают, встречаясь лишь в небольшом количестве (20,6 г/м^2) в манжетково-тминном сообществе. Отношение надземной фитомассы к подземной 1:9,1 — 1:9,4. Травостой низкорослый, причем большая часть надземной фитомассы сосредоточена в горизонте 0-7 см. Основу надземной фитомассы (от трети до двух третей) слагает пастбищное низкопродуктивное мелкотравье: Carum carvi, Alchemilla tubulosa, Taraxacum officinale, Achillea millefolium, Plantago media. Существенно снижается роль злаков, причем среди них отмечается переход от господства верховых (тимофеевка луговая) и полуверховых (ежа сборная, овсяница луговая) к типично пастбищным низовым (мятлик луговой Poa pratensis, овсяница красная Festuca rubra) злакам. Масса злаков в травостое составляет приблизительно одну треть. Бобовые своего максимума достигают в луговомятликово-ползучеклеверном сообществе, где на долю клевера ползучего приходится 41% от всего запаса надземной фитомассы. Масса синантропных видов варьирует от 56 до 64 %. Подземная фитомасса еще более сконцентрирована в приповерхностном слое.

Кормовые достоинства травостоя высокие, преобладают хорошо поедаемые виды: клевер ползучий, мятлик луговой, овсяница красная и др.

Спорышевое сообщество, находящееся на **IV стадии трансформации,** отличается крайне низкой продуктивностью. Общий запас фитомассы 315г/м^2, в том числе надземной 34 г/м^2, подземной 281 г/м^2. Отношение надземной фитомассы к подземной 1:8,3. В травостое безраздельно доминирует спорыш Polygonum aviculare, образующий 84% надземной фитомассы. Вся надземная фитомасса представлена синантропными видами, вертикальный её профиль укорочен, три четверти расположено в приземном слое

(0-7 см), остальная часть — в горизонте 7-20 см. Поедаемость хорошая.

Корневые системы сосредоточены в поверхностном слое 0-5 см (83 % фитомассы), глубины 10-15 см достигает только 2% массы подземных органов.

1.6. Изменение соотношения биоморф

По мере формирования суходольных лугов послелесного происхождения и их антропогенной трансформации в условиях сначала сенокосного, а затем пастбищного режима использования, происходит изменение состава биоморф. На **I стадии трансформации**, когда луга используются преимущественно в качестве сенокосных угодий, на которых после скашивания травы иногда производится выпас по отаве, травостой сложен более или менее высокорослым лесным и лугово-лесным разнотравьем (Cirsium heterophyllum, Filipendula ulmaria, Trollius europaeus, Heracleum sibiricum, Geranium sylvaticum, Aegopodium podagraria и др.) с участием верховых и полуверховых злаков Phleum pratense, Festuca pratensis, Dactylis glomerata. На **II стадии**, совпадающей с частичным переходом к пастбищному использованию при умеренных нагрузках, в травостое получают преобладание низовые злаки Poa pratensis, Festuca rubra, Anthoxanthum odoratum и более низкорослое разнотравье: Solidago virgaurea, Carum carvi, Leucanthemum vulgare, Pimpinella saxifraga, Prunella vulgaris. На **III стадии** с сильными пастбищными нагрузками в травостое преобладают низовые злаки Festuca rubra и Poa pratensis, а также среднетравье и мелкотравье: Alchemilla tubulosa, Achillea millefolium, Trifolium repens, Plantago major, P. media, Taraxacum officinale, Leontodon autumnalis, Potentilla anserina. И, наконец, на **IV стадии,** при очень сильных пастбищных нагрузках, формируется мелкотравный травостой, состоящий преимущественно из Polygonum aviculare с незначительной примесью Capsella bursa-pastoris, Matricaria perforata, Poa annua и др.

Таким образом, по мере возрастания интенсивности выпаса осуществляется замена верховых и полуверховых злаков низовыми. В группе разнотравья на месте более или менее высокорослых двудольных многолетников с хрупкими прямостоячими стеблями, не способными приподниматься после смятия, поселяются растения с эластичными стеблями, выпрямляющимися после смятия. Затем на первый план выходят розеточные многолетники и вегетативно

подвижные растения с ползучими укореняющимися надземными побегами.

Как среди злаков, так и среди разнотравья, в наиболее продвинутых стадиях пастбищной трансформации луговых сообществ на смену многолетникам приходят однолетники и одно-двулетники (Poa annua, Polygonum aviculare, Capsella bursa-pastoris, Matricaria perforata).

1.7. Семенная продуктивность некоторых растений, устойчивых к выпасу

Способность растений быстро осваивать выбитые места на пастбищах и удерживать там свою позицию при интенсивных пастбищных нагрузках во многом зависит от особенностей их семенного размножения. С этой целью в течение двух летних сезонов проведено на более продвинутых стадиях деградации лугового фитоценоза изучение семенной продуктивности Plantago major, Taraxacum officinale, Leontodon autumnalis и Capsella bursa-pastoris (Горчаковский, Абрамчук, 1996). Были определены следующие показатели: количество плодов и семян на одно растение, масса тысячи семян, всхожесть и энергия прорастания семян.

Подорожник большой (Plantago major) — многолетнее поликарпическое короткокорневищное кистекорневое растение. По литературным данным масса 1 тыс. семян равна 0,25-0,35 г (Фисюнов, 1984). Сведения о семенной продуктивности весьма противоречивы: до 2 тыс. семян на одно растение (Мальцев, 1932), до 61 тыс. (Шлякова, 1982), до 320 тыс. семян (Фисюнов, 1984). В почве на глубине 1 см прорастает 40% семян, а на глубине 3 см — только 5-6%; всхожесть сохраняется до 7 лет (Шлякова, 1982).

Наши наблюдения показали, что семенная продуктивность подорожника большого понижается по мере деградации лугового фитоценоза: на второй стадии она равна 33 тыс., на третьей — 19 тыс. и на четвертой — 7,5 тыс. семян на одну особь. Соответственно уменьшается число плодов на один генеративный побег (от 250 до 170) и количество семян в плоде (от 10 до 6). Масса 1 тыс. семян равна 0,19-0,22 г, всхожесть — 86-90%, энергия прорастания — 76,7-89%.

Одуванчик лекарственный (Taraxacum officinale) — многолетний стержнекорневой факультативно корнеотпрысковый поликарпик с симподиальной системой вегетативных розеточных, полу-

и безрозеточных генеративных побегов. На незадернованных почвах развивается быстро, уже на второй год жизни цветет и плодоносит; в ненарушенных сообществах зацветает лишь на четвертый год. При повреждении корней на них образуются почки возобновления, из которых развиваются надземные побеги (Дмитриев и др., 1982). По литературным данным масса 1 тыс. семянок равна 0,5-0,75 г (Фисюнов, 1984), 0,2-0,7 г (Котт, 1955). Семенная продуктивность — до 7 тыс. семянок (Котт, 1955), 12,2 тыс. семянок на одно растение (Фисюнов, 1984). Семена прорастают с глубины не более 4-5 см.

По результатам наших исследований, семенная продуктивность одуванчика лекарственного снижается от 1400 семянок на одно растение на второй стадии деградации луга до 390 семянок (также на одно растение) на четвертой стадии деградации. Однако нужно иметь в виду, что здесь приводятся данные единовременных учетов; фактически же одна особь в течение сезона неоднократно образует генеративные побеги и продуцирует большее количество семянок. Число генеративных побегов на одну особь по стадиям деградации различается несущественно (от 6 до 4). Масса 1 тыс. семянок равна 0,42-47 г, всхожесть — 79,4-86 %, энергия прорастания — 48-49%.

Кульбаба осенняя (Leontodon autumnalis) — многолетнее кистекорневое растение с укороченным корневищем и многочисленными придаточными корнями. По литературным данным масса 1 тыс. семянок равна 0,7г (Ларин, 1956), 0,9-1 г (Фисюнов и др., 1984); семенная продуктивность на одно растение составляет 1200 (Ларин, 1956) и 4900 семянок (Фисюнов и др., 1984).

Согласно нашим данным, у кульбабы осенней по мере деградации луга (от второй стадии к четвертой) семенная продуктивность снижается от 4600 до 480 семянок на одну особь, число семянок в соцветии — от 82 до 48, число генеративных побегов на одно растение — от 14 до 5, число соцветий на один генеративный побег — от 4 до 2. Как и в предыдущем случае, особь может продуцировать в течение сезона роста большее число семянок за счет образования новых генеративных побегов. Масса 1тыс. семян равна 0,48-0,49 г, всхожесть — 71-80%, энергия прорастания — 62-67%.

Плоды одуванчика лекарственного и кульбабы осенней — семянки с волосистыми придатками, обеспечивающими им высокую парусность, что дает возможность переноса зачатков на далекие расстояния. Одуванчик наиболее активно плодоносит в мае

— июне, кульбаба — с конца июля до глубокой осени. Эти два вида взаимно дополняют друг друга по срокам диссеминации. Семена их не имеют периода покоя, могут прорастать сразу после опадения (Котт, 1955), обеспечивая возможность заселения выбитых мест в течение всего сезона роста. Всхожесть семян в почве сохраняется 2-3 года и более (Ларин, 1956).

Пастушья сумка (Capsella bursa-pastoris) — однолетник или одно-двулетник со стержневой корневой системой, плод — стручочек, сжатый с боков. Семена мелкие, рассеиваются при растрескивании стручочков. Массы 1 тыс. семян равна 0,1-0,2 г (Фисюнов и др., 1984). Согласно разным источникам, одно растение дает до 12 тыс. (Симонов, 1987), до 50-70 тыс. (Мальцев, 1962), до 70 тыс. (Ларин, 1951), до 60-80 тыс. (Соколов, Чесалин, 1952), до 237 тыс. семян (Фисюнов и др., 1984). Семена прорастают с глубины не более 2-3 см, всхожесть сохраняется до 3-5 лет (Фисюнов и др., 1984).

По данным наших исследований, при переходе от третьей стадии деградации луга (на второй этот вид не обнаружен) к четвертой стадии продукция семян на одну особь снижается от 18400 до 7200, число плодов в соцветии — от 310 до 140, число семян в плоде остается приблизительно на том же уровне. Масса 1 тыс. семян равна 0,11-0,12 г, всхожесть 75-78 %, энергия прорастания 74-88 %.

Жизненный цикл пастушьей сумки сильно сокращен. Это растение способно в течение лета дать 2-3 поколения (Мальцев, 1932), семена прорастают быстро. Имеется три формы этого вида: яровая, зимующая и озимая (Котт, 1955). Цветущие и плодоносящие растения можно встретить в разное время в течение всего сезона роста.

Для сопоставления следует привести некоторые данные о **горце птичьем** (спорыше) Polygonum aviculare. Это однолетник, широко распространенный на выбитых местах. Стебли сильно ветвистые, в условиях выпаса распростертые. Цветет с июня до поздней осени. Плод — орешек. Одна особь продуцирует до 5,4 тыс. орешков (Фисюнов, 1984). Семена созревают в сентябре, прорастают преимущественно весной, сохраняют всхожесть в почве 5 лет. Семена способны прорастать с глубины не более 8-10 см (Фисюнов, 1984). Согласно нашим наблюдениям, горец птичий прекрасно возобновляется на выбитой уплотненной почве, семена его могут прорастать близко к поверхности и даже на поверхности почвы. Это растение хорошо отра-

стает после стравливания и даже после многократного скашивания.

На пастбищах наиболее благоприятные условия для прорастания семян однолетников и одно-двулетников (горца птичьего и пастушьей сумки) создаются весной, вскоре после таяния снега, а также в первой половине лета после обильных дождей, когда поверхность почвы сильно увлажнена. В сухие периоды лета поверхность почвы на выбитых местах обычно покрыта плотной растрескивающейся коркой, которая препятствует прорастанию семян. По-видимому, успешному прорастанию семян этих видов благоприятствует заделка семян в почву копытами животных.

При оценке приведенных выше данных нужно иметь в виду, что хотя семенная продуктивность изученных нами растений на одну особь уменьшается по мере деградации луга, это компенсируется увеличением числа особей. Поэтому поступление жизнеспособных семян синантропных растений на единицу площади в наиболее продвинутых стадиях деградации выше, чем в более ранних. Снижения скорости и энергии прорастания семян по мере деградации луга не обнаружено.

1.8. Адаптивные свойства луговых растений, обеспечивающие их пастбищную толерантность; уровни толерантности

Пастбищная толерантность луговых растений во многом определяется их способностью произрастать в условиях интенсивного стравливания надземной биомассы и сильного уплотнения почвы. У многих видов растений эта способность выражена в разной степени. В зависимости от этого можно выделить шесть уровней толерантности луговых растений (табл.5).

Толерантность связана с рядом морфолого-биологических особенностей растений, с их репродуктивной стратегией. К числу характерных черт, обусловливающих выживание растений (как злаков, так и разнотравья) при более или менее интенсивном стравливании, относится расположение основной части стеблей и листьев в приземном слое (до 10 см), упругость, эластичность стеблей, противостоящих механическим повреждениям и способных принимать прежнее положение после снятия нагрузки. Наряду с этим, большое значение имеет быстрая регенерация надземных побегов после стравливания (отавность), слабая поедаемость, низкие кормовые качества, наличие колючек, жестких стеблей и т.п.

Таблица 5

Уровни пастбищной толерантности луговых растений

Уровень	Адаптивные признаки, реакция растений на стравливание и вытаптывание	Преобладающие биоморфы, морфолого-биологические особенности растений	Характерные виды
1	Надземные побеги после смятия не приподнимаются, при выпасе большая часть надземной биомассы поедается скотом. Регенерация вегетативных побегов слабая. Большая часть надземной биомассы сосредоточена в среднем и верхнем подъярусах	Верховые корневищные и рыхлодерновинные злаки; преобладают генеративные и удлиненные вегетативные побеги Двудольные травянистые многолетники (разнотравье) с прямостоячими стеблями, крупными сочными листьями	Bromopsis inermis, Phleum pratense Trollius europaeus, Cirsium heterophyllum, Filipendula ulmaria
2	Надземные побеги после смятия частично приподнимаются. Регенерация побегов слабая. Большая часть надземной биомассы сосредоточена в среднем и нижнем подъярусах	Полуверховые корневищно-рыхлодерновинные и рыхлодерновинные злаки	Festuca pratensis, Dactylis glomerata, Alopecurus pratensis
3	Надземные побеги после смятия способны приподниматься. Регенерация побегов довольно хорошо выражена. Большая часть надземной биомассы расположена в нижнем подъярусе	Низовые корневищно-рыхлодерновинные и рыхлодерновинные злаки; преобладают укороченные вегетативные побеги Двудольные многолетники с прямостоячими эластичными стеблями	Poa pratensis, Festuca rubra, Anthoxanthum odoratum Achillea millefolium
4	Регенерация побегов интенсивная. Большая часть надземной биомассы расположена в приземном горизонте. Растения быстро заселяют выбитые места путем семенного, а некоторые виды и путем вегетативного размножения	Розеточные двудольные многолетники. Плодоношение обильное, плоды и семена мелкие, у некоторых видов плоды летучие Двудольные многолетники с удлиненными ползучими побегами, при отторжении копытами животных, дающими начало новым особям	Taraxacum officinale, Leontodon autumnalis, Plantago major Trifolium repens
5	Низкорослость, вегетативная подвижность - способность быстро заселять выбитые места путем вегетативного размножения	Двудольные многолетники с удлиненными ползучими укореняющимися побегами-усами	Potentilla anserina
6	Низкорослость, способность быстро заселять выбитые места путем семенного размножения; быстрое прорастание семян, формирование и укоренение всходов и молодых растений (в период достаточного увлажнения почвы)	Однолетние или однодвулетние травы. Плодоношение очень обильное, семена очень мелкие	Polygonum aviculare, Capsella bursa-pastoris

Выживанию злаков в условиях интенсивного выпаса способствует поверхностное расположение узла кущения (что позволяет растениям произрастать при уплотнении почвы), наличие дерновины и преобладание укороченных вегетативных побегов.

Среди разнотравья меньшая повреждаемость стеблей и листьев обеспечивается преобладанием розеточных и наземностелющихся растений. Весьма существенна способность растений активно заселять места с нарушенной дерновиной и оголенной (в результате повреждения копытами животных, водной эрозии и т.д.) поверхностью почвы. У вегетативно подвижных растений это достигается образованием удлиненных укореняющихся ползучих побегов, причем части побегов, отторгнутые копытами животных, дают начало новым особям. В случае семенного размножения на первый план выходят такие свойства, как растянутость периода плодоношения (за счет неодновременного прохождения фенофаз разными особями и отдельными цветками одной особи); высокая семенная продуктивность; летучесть плодов; высокая всхожесть и энергия прорастания семян; сохранение всхожести семян в течение длительного времени вплоть до момента, когда создаются благоприятные условия для их прорастания; способность семян прорастать непосредственно на поверхности почвы или после прохождения через пищеварительный тракт животных.

Имеет также большое значение быстрое формирование и укоренение всходов, быстрота роста, максимальное использование молодыми растениями периода, когда почва хорошо увлажнена, раннее вступление в генеративную фазу (у многолетников — уже на второй год жизни). Однолетний и одно-двулетний цикл развития открывает дополнительные возможности для быстрого заселения растениями выбитых участков поверхности, так как в этом случае семена продуцируются уже в первый год жизни, а иногда и несколько раз в течение летнего сезона (в случае, если такие растения дают два — три поколения в год).

В числе луговых растений, расселяющихся на сильно выбитых пастбищах, встречаются виды, у которых интенсивное вегетативное размножение сочетается с не менее интенсивной семенной продуктивностью. Так, лапчатка гусиная не только быстро заселяет оголенные места с помощью усов, но и, по данным А.Ф. Фисюнова (1984), дает на одно растение до 300 тыс. семян. Пастбищная толерантность спорыша обусловлена высокой семенной продуктивностью, хорошей отавностью, способностью образовывать разветвленные побеги, стелющиеся по поверхности почвы, вследствие чего растения в меньшей степени повреждаются скотом.

1.9. Общие закономерности антропогенной трансформации суходольных лугов

Послелесные суходольные луга формируются на западном склоне Среднего Урала на делювии кристаллических сланцев с примесью известняка. Химический состав продуктов выветривания (высокое содержание кальция и некоторых других элементов) обусловил относительное богатство исходных, вышедших из-под леса, дерново-подзолистых почв. Это в свою очередь определило повышенное флористическое богатство луговых сообществ I стадии трансформации, а также присутствие в составе травостоя некоторых лесостепных растений, хотя район исследования находится на юге лесной зоны. На первой стадии формирования, вскоре после сведения леса, луга еще в сильной степени находятся под средообразующим влиянием окружающей лесной растительности. Испарение с поверхности почвы ослаблено, почва достаточно, а в небольших понижениях избыточно увлажнена, местами отмечаются признаки оглеения. Верхний слой почвы довольно рыхлый. Все это влечет за собой сильное развитие мохового покрова из типично лесных зеленых блестящих мхов (Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi, Rhytidiadelphus triquetrus и др.), а в увлажненных местах — с присутствием более влаголюбивого Aulocomnium palustre. В составе травостоя преобладает разнотравье с большой долей участия типично лесных видов; задернение незначительно.

При более длительном сенокосном использовании (II стадия трансформации) площадь луговых полян расширяется и соответственно уменьшается средообразующее влияние прилегающих участков леса на луговую растительность. Усиливаются испарение с поверхности почвы, ее аэрация. Увлажнение становится оптимальным, но не избыточным. Происходит перестройка структуры луговых фитоценозов; преобладание разнотравья сменяется господством злаков, что сопровождается нарастающим задернением поверхности почвы. На месте лесных дерново-подзолистых почв формируются дерново-перегнойные. Выпадение многих лесных видов влечет за собой усиление позиции собственно луговых растений, возникают типично луговые сообщества со значительным участием, а иногда и преобладанием злаков в сложении надземной фитомассы травостоя. По мере возрастания сухости поверхностного слоя почвы уменьшается биомасса мохового покрова и изменяется его видовой состав: типично лесные теневыносливые

мхи сменяются более светолюбивыми видами, свойственными открытым местообитаниям (Thuidium abietinum, Rhytidiadelphus calvescens, Dicranum bonjeanii).

Полный переход от сенокосного режима использования к пастбищному (III стадия трансформации) сопряжен с сильным уплотнением почвы, усилением поверхностного испарения и эрозией, возрастанием выщелоченности верхних горизонтов, деградацией дерновых почв. Под влиянием выпаса повреждаются надземные органы и почки возобновления растений, изменяется вертикальная структура лугового сообщества: травостой становится более низкорослым, большая часть надземной фитомассы сосредоточивается в приземном слое. Продуктивность травостоя снижается, а соотношение между надземной и подземной биомассой изменяется в сторону увеличения доли подземной. Уменьшаются задернованность и общее проективное покрытие, травостой становится более гетерогенным. У вегетативно-подвижных растений ускоряется фрагментация клонов, что способствует усилению побегообразования. Надземные побеги прижимаются к почве, а это облегчает их укоренение. Позиция злаков несколько ослабевает: верховые и полуверховые злаки сменяются низовыми. Многие влаголюбивые виды выпадают из травостоя. Существенно обедняется флористический состав.

Чрезмерно высокие и длительные пастбищные нагрузки приводят к еще большему уплотнению почвы, дальнейшей ее деградации, резкому обеднению флористического состава (IV стадии трансформации). В сложении фитомассы многолетние травы уступают место однолетнику Polygonum aviculare. Формируются крайне обедненные по видовому составу сообщества, состоящие исключительно или почти исключительно из синантропных видов.

По мере деградации лугов происходит замена менее толерантных к выпасу растений более толерантными. Критерии присутствия видов растений, относящихся к тем или иным уровням толерантности, а также соотношение видов, относящихся к разным уровням, могут быть использованы для оценки состояния луговых фитоценозов.

Как видно, в ходе антропогенной трансформации существенно изменяется флористический состав суходольных лугов, происходит перестройка их ярусной структуры, смена доминантов. Осуществляется конвергенция фитоценозов. Видовая насыщенность растительных сообществ уменьшается. Изменяется соотношение био-

морф, происходит переход от преобладания многолетников к преобладанию однолетников и одно- двулетников, возрастает доля синантропных видов. Сообщества с преобладанием или значительным участием злаков в травостое сменяются сообществами с преобладанием разнотравья, полидоминантные сообщества — олиго- или монодоминантными. Возрастает доля синантропных растений (по числу видов и по биомассе), а затем наступает их полное доминирование. При этом растения с высокой конкурентоспособностью заменяются растениями с низкой конкурентоспособностью, но обладающими широкой экологической амплитудой, способными произрастать на неплодородной уплотненной почве.

Луговые сообщества оптимального состава и структуры формируются на II стадии трансформации, когда в связи с доминированием верховых и полуверховых злаков возрастает сомкнутость травостоя, увеличивается фотосинтетическая поверхность, что в конечном счете определяет более полное использование растительных ресурсов местообитания и высокую продуктивность. Такие луга можно считать соответствующими понятию потенциальной растительности (Tüxen, 1956). Их можно использовать в качестве эталонных участков при создании опорной сети экологического мониторинга кормовых угодий.

Глава 2

ДЕГРАДАЦИЯ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ ВЫПАСА

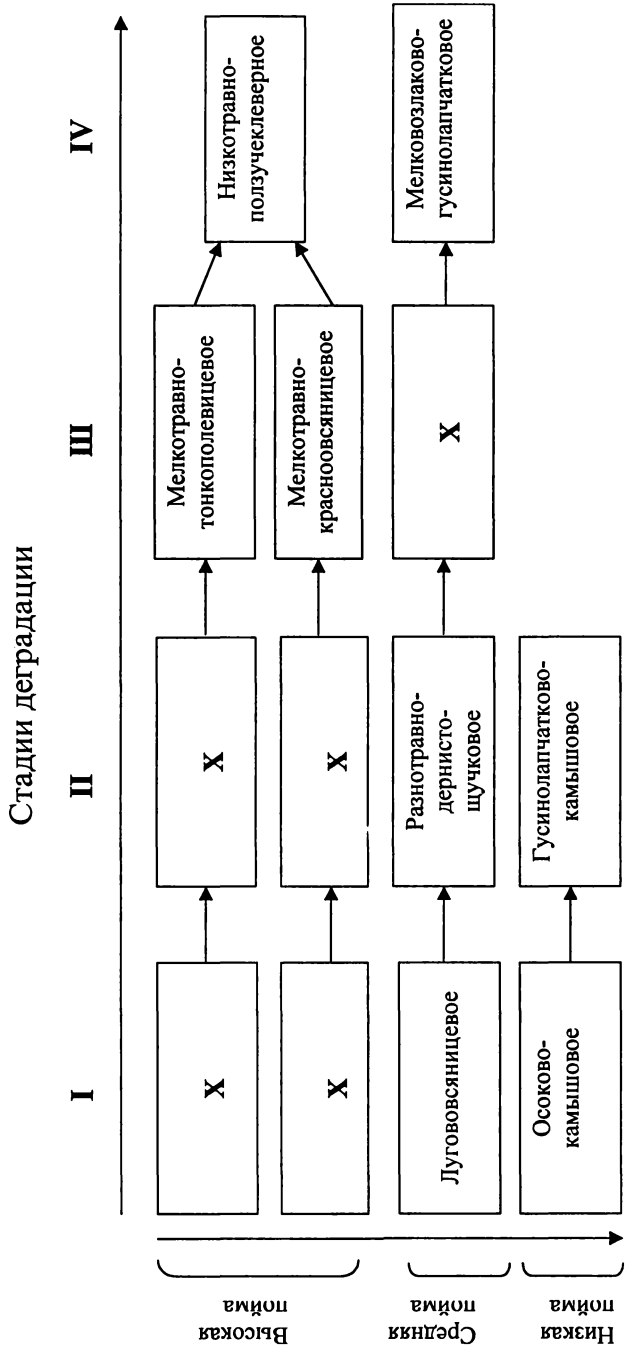
Пойменные луга подвергаются особенно существенным антропогенным изменениям; площадь их неуклонно сокращается, а продуктивность снижается, главным образом, в результате интенсивного неумеренного выпаса. Характер растительности речных пойм во многом зависит от степени развития поймы и длительности затопления во время весеннего половодья. Поэтому в качестве объектов исследования мы выбрали два участка — один в долине р.Чусовой (с хорошо выраженной поймой и длительным затоплением), а другой — в долине р.Амбарки (со слабо выраженной поймой и кратковременным затоплением).

2.1. Пойменные луга в долине р.Чусовой

Исследования проводились в подзоне южной тайги низкогорной части западного склона Среднего Урала в бассейне р.Чусовой в Шалинском районе Свердловской области близ пос.Староуткинска (Горчаковский, Абрамчук, 1991). Река Чусовая на этом участке имеет хорошо выраженную пойму и надпойменную террасу. Пойма отчетливо расчленяется на три уровня: высокий, средний и низкий. К высокому уровню относятся небольшие гривки, заливаемые полыми водами не ежегодно и лишь в короткий срок; к среднему — основная наиболее выровненная, довольно длительно затопляемая часть поймы: к низкому — узкие полоски самой пониженной прибрежной части поймы, позже всего выходящие из затопления.

Почвы поймы аллювиальные слоистые дерновые, в пониженных местах дерново-глеевые, от супесчаных до суглинистых, на современном аллювии. Реакция почв слабощелочная, близкая к нейтральной, в понижениях слабокислая. Содержание гумуса от 2 до 6 %, насыщенность основаниями от 53 до 85 %, содержание подвижного фосфора от 10 до 17 мг на 100 г почвы, подвижного калия — от 12 до 15 мг на 100 г почвы.

Пойменные луга представлены здесь восемью основными сообществами, которые можно сгруппировать как в зависимости от их



Х – Сообщества на этих стадиях не сохранились

Рис. 3. Распределение сообществ пойменных лугов долины р. Чусовой по уровням поймы и стадиям пастбищной деградации

положения в профиле поймы, так и по степени антропогенной деградации (рис. 3). При отнесении сообществ пойменных лугов к тем или иным стадиям деградации, мы пользуемся теми же критериями, которые были приняты нами для сообществ суходольных лугов.

2.1.1. Луга высокой поймы

В пределах высокой части поймы выявлены и описаны три луговых сообщества: из них первые два относятся к третьему уровню деградации, а последнее — к четвертому.

Мелкотравно-тонкополевицевое сообщество (Agrostis tenuis+ Plantago media+Achillea millefolium). Распространено на самых возвышенных местах поймы. Почва дерновая супесчаная. Травостой (табл. 6) низкорослый разреженный (проективное покрытие 65-70%), расчленен на два подъяруса. В первом подъярусе (до 30-40см) располагаются преимущественно генеративные побеги злаков cop.$_2$ — Agrostis tenuis, sp.-cop.$_1$ — Festuca rubra; во втором (до 15-17 см) сосредоточено мелкотравье: cop.$_1$ — Plantago media, sp.-cop.$_1$ — Achillea millefolium, sp. — Euphrasia tatarica, Potentilla argentea, sol. — Stellaria holostea и др. Всего видов 32, в том числе злаков 6, бобовых 6, разнотравья 20.

В составе травостоя преобладают мезофиты (78,1 %). Более половины надземной фитомассы образует оксиломезотрофный вид Agrostis tenuis. Это сообщество существует в условиях дефицита влаги, в его составе постоянно присутствуют мезоксерофиты и ксеромезофиты: Astragalus danicus, Pimpinella saxifraga, Potentilla argentea.

По соотношению ценотических групп в травостое ведущую позицию занимают луговые растения (62,6 %), менее существенна роль лугово-лесных и лесостепных. Индекс синантропизации 40,6 %.

Мелкотавно-красноовсяницевое сообщество (Festuca rubra+ Leontodon autumnalis, Plantago media). Занимает слегка пологие склоны. Почва дерновая легкосуглинистая или супесчаная. Травостой довольно густой (проективное покрытие 80-95 %), невысокий, расчленяющийся на два подъяруса. В первом подъярусе (до 25-35 см) преобладают злаки: cop.$_2$ — Festuca rubra, sp.-cop.$_1$ — Agrostis tenuis, sp. — Poa pratensis. Второй подъярус (до 7-15 см) образуют: sp.-cop.$_1$ — Leontodon autumnalis, Plantago media, sol.-sp. — Achillea millefolium. Флористический состав формируют 40 видов, в том числе злаков 7, бобовых 5, разнотравья 28.

Из экологических групп доминируют мезофиты (77,5 %). Как и для предыдущего сообщества характерно присутствие ксероме-

Таблица 6

Флористический состав сообществ пойменных лугов на разных стадиях пастбищной деградации (долина р.Чусовой)

№	Название растений	I стадия		II стадия		III стадия		IV стадия	
		осоково-камышовое	луговоовсяницевое	гусинолапчатково-камышовое	разнотравно-дернистощучковое	мелкотравно-красноовсяницевое	мелкотравно-тонкополевицевое	низкотравно-гусинолапчатковое	низкотравно-ползучеклеверное
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Злаки								
1	Agrostis gigantea	sp.	sp.	sp.	sp.-cop.1	-	-	-	-
2	A. tenuis	-	sp.-cop.1	-	sp.	sp.-cop.1	cop.2	sol.-sp.	sol.-sp.
3	Alopecurus pratensis	-	sol.	-	sp.	-	-	-	-
4	Anthoxanthum odoratum	-	sol.	-	-	-	-	-	-
5	Bromopsis inermis	-	sol.	-	-	-	-	-	-
6	Dactylis glomerata	-	sp.-cop.1	-	-	-	-	-	-
7	Deschampsia caespitosa	sol.-sp.	sp.	sp.	cop.1-2	sol.-sp.	-	sp.	sol.-sp.
8	*Elytrigia repens	-	sp.	-	sp.	sp.	sol.-sp.	sol.	sol.
9	Festuca pratensis	-	cop.2	-	sp.-cop.1	sol.-sp.	sol.	-	-
10	F. rubra	-	sp.-cop.1	sp.	sp.	cop.2	sp.-cop.1	sol.-sp.	sp.-cop.1
11	Phleum pratense	-	cop.1	-	sp.	sol.-sp.	sol.	-	-
12	Poa pratensis	-	sp.-cop.1	sol.-sp.	sp.	sp.	sol.-sp.	sp.-cop.1	-
	Осоки и ситниковые								
13	Carex acuta	sp.	-	-	-	-	-	-	-
14	C. leporina	sp.	sol.	sol.-sp.	sp.	-	-	sol.-sp.	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	C. nigra	cop.1	-	-	-	-	-	-	-
16	C. rostrata	sp.	-	sp.	-	-	-	-	-
17	Juncus compressus	sol.-sp.	-	sol.	-	-	-	-	-
18	J. filiformis	sol.	-	sol.	sol.	-	-	-	-
19	Luzula pallescens	-	sol.	-	sol.	-	-	-	-
20	L. pilosa	-	sol.	-	sol.	-	-	-	-
21	Scirpus sylvaticus	cop.2	-	cop.1-2	-	-	-	-	-
22	Triglochin palustris	sp.	-	sol.	-	-	-	-	-
	Бобовые								
23	Astragalus danicus	-	-	-	-	sol.	sol.-sp.	-	-
24	Lathyrus pratensis	-	sp.	-	sol.	sol.	-	-	sol.
25	Trifolium hybridum	-	sol.-sp.	-	sol.-sp.	-	-	-	-
26	T. montanum	-	-	-	-	-	sol.	-	-
27	T. pratense	-	sp.	-	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.	-	-
28	*T. repens	-	sol.	-	sp.	sol.-sp.	sp.	sp.	cop.1-2
29	Vicia cracca	-	sol.-sp.	-	sol.	sol.	sol.	-	-
30	V. sepium	-	sol.	-	-	-	sol.	-	-
	Разнотравье								
31	*Achillea millefolium	-	sp.	-	sp.	sol.-sp.	sp.-cop.1	sp.	sp.
32	Aegopodium podagraria	-	sol.	-	sol.	-	-	-	-
33	Agrimonia pilosa	-	sol.	-	-	-	-	-	-
34	Alchemilla murbeckiana	-	sp.	-	cop.1	-	-	-	-
35	*A. tubulosa	-	-	-	-	sol.	sol.-sp.	-	sol.
36	Angelica sylvestris	-	sol.	-	sol.	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
37	Campanula patula	-	sol.	-	-	-	-	-	-
38	*Carum carvi	-	sp.	-	sp.	sol.-sp.	sol.	sp.	-
39	Dianthus deltoides	-	sol.	-	-	sol.	sol.	-	-
40	Equisetum pratense	-	sol.	sol.	sol.-sp.	sol.	-	-	-
41	*Erigeron canadensis	-	-	-	-	sol.	sol.	-	sol.
42	*Euphrasia tatarica	-	-	sol.	-	sol.	sp.	sol.-sp.	sp.-cop.1
43	Filipendula ulmaria	sol.	sol.	sol.	sp.	-	-	-	-
44	*Galeopsis ladanum	-	-	-	-	-	-	sol.	sol.
45	Galium album	-	sol.	-	-	-	-	-	-
46	G. boreale	-	sol.	-	-	sol.	sol.	-	-
47	G. mollugo	-	sol.	sol.	sol.	sol.-sp.	sol.	-	-
48	G. palustris	-	-	sp.	sol.	sol.	-	-	-
49	G. uliginosum	sol.	-	sp.	-	-	-	-	-
50	Geranium pratense	-	sol.	-	sol.	sol.	sol.	-	-
51	Geum rivale	-	sol.	sol.-sp.	sol.	-	-	-	-
52	*Glechoma hederacea	-	-	-	sol.	sol.	-	-	-
53	Heracleum sibiricum	-	sol.	-	sol.	-	-	-	-
54	Hieracium onegense	-	sol.	-	-	-	-	-	-
55	Hypericum maculatum	-	sol.	-	-	sol.	-	-	-
56	*Inula britannica	-	-	-	-	sol.	sol.	sol.	-
57	*Leontodon autumnalis	-	sp.	sol.-sp.	sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	cop.1
58	Leucanthemum vulgare	-	sp.	-	sp.	-	-	-	-
59	Mentha arvensis	sol.	sol.	sp.	sol.	-	-	sol.-sp.	-
60	Myosotis caespitosa	-	-	sol.	sol.	-	-	-	-
61	Pimpinella saxifraga	-	sol.-sp.	-	-	sol.-sp.	sp.-cop.1	-	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
62	*Plantago major	-	-	sp.	sp.	sol.	-	sp.	sp.
63	*P. media	-	sol.	-	sol.-sp.	sp.-cop.1	cop.1	sol.	cop.1
64	Polygonum amphibium	sol.	-	sol.	-	-	-	-	-
65	*P. aviculare	-	-	-	-	-	-	cop.1	sp.
66	P. bistorta	-	sol.-sp.	-	sol.	-	-	-	-
67	*Potentilla anserina	sol.-sp.	sol.-sp.	sp.-cop.1	sp.	sp.	sol.	cop.2	sp.
68	P. argentea	-	-	-	-	sol.	sp.	-	sol.
69	P. goldbachii	-	sol.	-	-	sol.	-	-	-
70	Prunella vulgaris	-	sol.	-	sol.-sp.	-	-	-	-
71	Ranunculus acris	-	sp.	-	sp.	sol.	-	-	-
72	R. auricomus	-	sp.	-	sol.	-	-	-	-
73	R. repens	-	sol.	sp.	sp.	sol.	-	sp.	-
74	*Rumex acetosella	-	-	-	-	sol.	sol.	-	sol.
75	R. confertus	-	-	-	sol.	-	-	sol.	-
76	Sanguisorba officinalis	-	sol.-sp.	-	sol.	-	-	-	-
77	Stellaria graminea	-	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	-	-
78	S. holostea	-	sol.	-	-	sol.	sol.	-	-
79	*Taraxacum officinale	-	sol.	-	sp.	sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.-sp.
80	Veronica chamaedrys	-	sp.	sol.	sp.	sol.	sol.	-	-
81	Viola canina	-	sol.	-	-	-	-	-	-
Всего видов		15	57	26	48	40	32	21	19
в т.ч. синантропных		1	8	4	10	15	13	13	14
индекс синантропизации, %		6,7	14	15,4	20,8	37,5	40,6	61,9	73,7

Звездочкой (*) отмечены синантропные виды.

зофитов и мезоксерофитов: Pimpinella saxifraga, Astragalus danicus, Potentilla argentea (10%).

По ценотической принадлежности в травостое преобладают луговые виды (62,5%), менее существенна доля лугово-лесных и лесостепных.

Синантропные виды (Achillea millefolium, Alchemilla tubulosa, Plantago media, P.major, Potentilla anserina и др.) составляют 37,5% всего флористического состава.

Низкотравно-ползучеклеверное сообщество (Trifolium repens+Plantago media+Leontodon autumnalis). Характерно для наиболее затронутых выпасом мест на высоком уровне поймы, иногда встречается и на повышенных местах среднего уровня. Почва маломощная, дерновая, слоистая с прослойками разного механического состава (от супесчаного до среднесуглинистого).

Травостой низкорослый, довольно разреженный (проективное покрытие 60-70%), неравномерной сомкнутости, с пятнами оголенной почвы. Расчленение на подъярусы не выражено. Преобладающие виды: cop.$_1$-cop.$_2$ — Trifolium repens, cop.$_1$ — Plantago media, Leontodon autumnalis, sp.-cop.$_1$ — Festuca rubra, Euphrasia tatarica, sp. — Polygonum aviculare, Plantago major, Achillea millefolium, sol.-sp. — Taraxacum officinale, Agrostis tenuis. Распределение преобладающих видов куртинное, мозаичное, что обусловлено чрезмерным выпасом. Флористический состав беден: 19 видов, в том числе злаков 4, бобовых 2, разнотравья 13.

Основу травостоя формируют мезофиты (78,8%), преимущественно мезотрофные, в меньшей степени эутрофные и оксиломезотрофные. Как и в предыдущих сообществах, имеется небольшая примесь ксеромезофитов и мезоксерофитов (10,6%).

В ценотическом спектре преобладают луговые виды (73,7,2%), заметную примесь образуют лесостепные и рудеральные. Индекс синантропизации наивысший (73,7%).

2.1.2. Луга средней поймы

В средней части поймы луга представлены тремя сообществами: одно из них относится к первому уровню синантропизации, другое — ко второму, а еще одно — к четвертому. Промежуточная стадия между вторым и четвертым уровнями синантропизации не сохранилась.

Луговоовсяницевое сообщество (Festuca pratensis). Встречается на выровненных местоположениях в центральной части поймы. Почва аллювиальная зернистая среднесуглинистая с ясно

выраженной структурой. В травостое, имеющем проективное покрытие 85-95%, хорошо выражены три подъяруса: I (до 75-90 см) образуют cop.$_2$ — Festuca pratensis, cop.$_1$ — Phleum pratense, sp.- cop.$_1$ — Dactylis glomerata, sp. — Elytrigia repens; II (до 45-50 см) — sp.-cop.$_1$ — Poa pratensis, sp. — Agrostis tenuis, III (до 15-20 см) sp.- Leontodon autumnalis, Achillea millefolium, Veronica chamaedrys. Всего видов 57, в том числе злаков 12, бобовых 6, разнотравья 36, осок и ситниковых 3.

Основную роль в сложении сообщества играют мезофиты (77,2%) — мезотрофные, эутрофные, олиготрофные. Значительна примесь гигромезофитов (14,1%).

Состав ценоэлементов разнообразен, однако с явным преобладанием луговых видов (59,6%); довольно велико участие луговолесных (24,6%) и лесных (10,5%) видов.

Это сообщество, по сравнению с другими, наименее затронуто синантропизацией (уровень 14%).

Разнотравно-дернистощучковое сообщество (Deschampsia caespitosa+Alchemilla murbeckiana, Agrostis gigantea, Festuca pratensis). Располагается на слабо дренированных дерново-глеевых почвах (по механическому составу тяжелосуглинистых и глинистых) с признаками заболачивания. Травостой густой, проективное покрытие до 90-95%, расчленен на четыре подъяруса: I (до 85-100 см)формируют cop.$_{1-2}$ — Deschampsia caespitosa, sp.-cop.$_1$ — Festuca pratensis, sp. — Elytrigia repens, Alopecurus pratensis, Phleum pratense, Filipendula ulmaria; II (до 45-50 см) — cop.$_1$ — Alchemilla murbeckiana, sp.-cop.$_1$ — Agrostis gigantea, sp.- Poa pratensis, Agrostis tenuis, Leucanthemum vulgare, Ranunculus acris; III (до 15-20 см) — sp. — Leontodon autumnalis, Ranunculus repens; IV (до 10см) — sp. — Plantago major, Potentilla anserina, sol.-sp. — Prunella vulgaris, sol.- Glechoma hederacea, Mentha arvensis. Всего насчитывается 48 видов, в их числе злаков 9, бобовых 5, осок и ситниковых 4, разнотравья 30.

Из экологических групп преобладают мезофиты (68,8 %) — эутрофные и мезотрофные, при значительном участии олиготрофных. Кроме того, довольно много гигромезофитов (16,7%).

В спектре ценотических групп доминируют луговые виды (62,4%), существенна примесь лугово-болотных. Это сообщество мало затронуто синантропизацией (20,8%).

Низкотравно-гусинолапчатковое сообщество (Potentilla anserina+Leontodon autumnalis, Polygonum aviculare). Занимает пониженные части среднего уровня поймы. Почва дерновая легко-

суглинистая, с признаками оглеения. Травостой низкорослый, проективное покрытие 75-80%. Основу его слагает типично пастбищное низкотравье: cop.$_2$ — Potentilla anserina, sp.-cop.$_1$ — Leontodon autumnalis, Polygonum aviculare, sp. — Plantago major. Всего насчитывается 21 вид, из них злаков 5, бобовых 1, осоковых 1, разнотравья 14. Преобладают растения розеточные и стелющиеся.

Соотношение экологических групп таково: преобладают мезофиты (66,5%) — мезотрофные и эутрофные. Довольно много гигромезофитов (19,1%), менее существенно участие мезогигрофитов и гигрофитов.

В спектре ценотических групп явно доминируют луговые виды (66,6%), за ними по численности следуют лугово-лесные и лугово-болотные.

Травостой этого сообщества в сильной степени подвергся синантропизации (индекс 61,9%) в результате интенсивного пастбищного использования. Синантропные виды занимают в нем ведущую позицию и составляют большую часть фитомассы.

2.1.3. Луга низкой поймы

Наиболее пониженная часть поймы занята двумя сообществами болотистых лугов, относящимися соответственно к первой и второй стадиям синантропизации.

Кормовая ценность их травостоя невысокая, поэтому скот заходит сюда большей частью лишь случайно и ненадолго, главным образом на пути к водопою.

Осоково-камышовое сообщество (Scirpus sylvaticus+ Carex nigra). Встречается небольшими участками в самых низких местах поймы, непосредственно у русла реки. Почва суглинистая, увлажнение избыточное проточное. Травостой довольно густой, проективное покрытие 90-95%, упрощенной структуры, без четкого подразделения на подъярусы. Преобладающие виды: cop.$_2$ — Scirpus sylvaticus, cop.$_1$ — Carex nigra, sp. — Carex leporina, C. acuta, C. rostrata, Triglochin palustris. Флористический состав очень беден: всего 15 видов, в том числе осок и ситниковых 8, злаков 2, разнотравья 5.

Преобладающая часть видового состава травостоя относится к гигрофитам (53,4%); далее следуют мезогигрофиты (20%) и мезофиты (13,3%). По ценотической принадлежности преобладают лугово-болотные (53,3%) и болотные (13,3%) виды. В состав сообщества входит лишь один синантропный вид — Potentilla anserina, индекс синантропизации 6,7%.

Гусинолапчатково-камышовое сообщество (Scirpus sylvaticus+ Potentilla anserina). Как и предыдущее, занимает пониженные части прирусловой поймы. Почва дерново-глеевая, среднесуглинистая. Травостой равномерной сомкнутости, густой (проективное покрытие 85-95%), расчленен на три подъяруса: I (до 70-95 см) формирует cop.$_{1-2}$ — Scirpus sylvaticus, во II (до 35-45 см) преобладают sp. — Agrostis gigantea, Deschampsia caespitosa, Festuca rubra, Galium palustris, G. uliginosum; в III (до 7-15 см) sp.-cop.$_1$ — Potentilla anserina, sp. — Ranunculus repens, Plantago major, Mentha arvensis. Всего видов 26, в том числе осоковых и ситниковых 6, злаков 4, разнотравья 16.

Из экологических групп преобладают мезофиты (38,4%), гигрофиты (23,1%) и мезогигрофиты (23%). По ценотической принадлежности первенство во флористическом составе принадлежит лугово-болотным видам (38,6%); за ними следуют луговые (34,5%) и лугово-лесные (19,2%). Синантропизация травостоя умеренная (15,4%).

2.1.4. Соотношение экологических и ценотических групп

Доля участия экологических групп (табл. 7) четко коррелирует с положением сообществ в профиле поймы (лимитирующий фактор — частота и длительность затопления в период паводков). В луговых сообществах высокого уровня поймы преобладают мезофиты, менее обильны ксеромезофиты и гигромезофиты, а мезоксерофиты очень редки. Основу травостоев сообществ среднего уровня поймы составляют также мезофиты, но здесь появляются мезогигрофиты и гигрофиты, а мезоксерофиты исчезают. В сообществах низкого уровня ведущую роль приобретают гигрофиты, гигромезофиты и мезогигрофиты (в совокупности на их долю приходится 60,7% флористического состава), а позиция мезофитов ослабевает. В целом при движении от высокого уровня к низкому четко прослеживается постепенная гигрофитизация луговой флоры, сопровождающаяся выпадением ее ксерофильных элементов.

Сходная закономерность наблюдается и при анализе распределения ценотических элементов луговой флоры по вертикальному профилю поймы. Лесостепные и лесные элементы встречаются лишь на высоком и среднем уровнях, но отсутствуют на низком, так как не выдерживают длительного затопления и избыточного увлажнения почвы. Луговые и лугово-лесные элементы богато представлены на высоком и среднем уровнях, а на низком уровне господство переходит к лугово-болотным и болотным.

Таблица 7

Соотношение экологических и ценотических групп в составе луговых сообществ на разных уровнях поймы (долина р.Чусовой)

Группы видов	Уровни поймы					
	Высокий		Средний		Низкий	
	Число видов	%	Число видов	%	Число видов	%
Экологические						
Мезоксерофиты	1	2,3	-	-	-	-
Ксеромезофиты	5	11,6	3	4,4	-	-
Мезофиты	33	76,8	48	70,5	11	39,3
Гигромезофиты	4	9,3	9	13,2	3	10,7
Мезогигрофиты	-	-	5	7,4	6	21,4
Гигрофиты	-	-	3	4,5	8	28,6
Всего	43	100	68	100	28	100
Ценотические						
Лесостепные	5	11,6	2	2,9	-	-
Лесные	1	2,3	6	8,8	-	-
Лугово-лесные	9	20,9	16	23,6	5	17,9
Луговые	26	60,6	36	52,9	10	35,7
Лугово-болотные	-	-	7	10,3	11	39,3
Болотные	-	-	-	-	2	7,1
Рудеральные	2	4,6	1	1,5	-	-
Всего	43	100	68	100	28	100

2.1.5. Изменение продуктивности

К **I стадии** деградации относятся два растительных сообщества, резко различные по экологии — осоково-камышовое, сложенное, в основном, гигрофитами, и луговоовсяницевое, с преобладанием в составе травостоя мезофитов. Травостой в них высокорослый, до

80см, а запас надземной фитомассы приблизительно одинаков (табл. 8). Однако распределение надземной фитомассы по вертикальному профилю (рис. 4) резко различно: в первом сообществе преобладающая часть её (85%) сосредоточена в горизонте 0-50см, а во втором — в горизонте 0-30см. для осоково-камышового сообщества характерно более поверхностное расположение подземной фитомассы; приблизительно половина её находится в горизонте 0-5см, а максимальная глубина проникновения подземных органов растений — всего лишь 20 см. В луговоовсяницевом сообществе корневые системы растений проникают значительно глубже, до 35 см.

На **II стадии** деградации в гусинолапчатково-камышовом сообществе (производном от осоково-камышового) отмечено снижение запаса фитомассы, особенно в надземной части. Травостой становится более низкорослым (высота до 60 см), а 85% надземной фитомассы сосредоточено в горизонте 0-20 см. В разнотравно-дернистощучковом сообществе травы достигают высоты 90 см, а распределение надземной фитомассы по вертикальному профилю более равномерное. Проникновение корневых систем растений более глубокое по сравнению с предыдущим сообществом.

При переходе к III стадии деградации (мелкотравно-красноовсяницевое и мелкотравно-тонкополевицевое сообщество) обращает на себя внимание уменьшение высоты травостоя до 55-60 см и приповерхностное расположение большей части надземной фитомассы (85% ее в горизонте 0-20 см). Корневые системы растений проникают на глубину до 30 см, однако преобладающая часть подземной фитомассы (65-70%) залегает в приповерхностном горизонте 0-5 см. Общий запас фитомассы (надземной и подземной) снижается по сравнению с предыдущей стадией почти вдвое.

Для **IV стадии** (мелкозлаково-гусинолапчатковое и низкотравно-ползучеклеверное сообщество) деградации характерно еще большее снижение общего запаса фитомассы. Травостой становится приземистым. Хотя некоторые травы достигают высоты 30 см, преобладающая часть надземной фитомассы (85%) находится в самом поверхностном слое 0-5 см. В вертикальном распределении подземной фитомассы существенных изменений не происходит: 55-60% ее сосредоточено в слое 0-5 см.

По мере пастбищной деградации отчетливо прослеживается снижение запаса надземной фитомассы (от 345-370 г/м^2 в I стадии до 110-118г/м^2 в IV стадии). Соответственно уменьшается и общий запас фитомассы. Соотношение между запасами надземной и подземной фитомассы несколько смещается в сторону увеличе-

Таблица 8

Изменение продуктивности пойменных луговых сообществ по мере их деградации (долина р.Чусовой)

Стадии деградации	Сообщество	Запас фитомассы, г/м^2 возд.-сух.вещества			Отношение запаса надземной фитомассы к подземной	Доля синантропных видов в сложении надземной фитомассы	
		надземной	подземной	общий (надземной и подземной)		г/м^2	%
I	а) Осоково-камышовое	370	1406	1776	1:3,8	3,8	1
	б) Луговоовсяницевое	345,4	1036,2	1381,6	1:3	15,9	4,6
II	а) Гусинолапчатково-камышовое	272,3	953,1	1225,4	1:3,5	28,3	10,4
	б) Разнотравно-дернистощучковое	364	1164,8	1528,8	1:3,2	39,5	10,9
III	а) Мелкотравно-красноовсяницевое	207,1	497	704,1	1:2,4	69,4	33,5
	б) Мелкотравно-тонкополевицевое	190,1	418,2	608,3	1:2,2	75,7	39,8
IV	а) Мелкозлаково-гусинолапчатковое	117,5	293,8	411,3	1:2,5	85,1	72,4
	б) Низкотравно-ползучеклеверное	110,8	277	387,8	1:2,5	78,6	70,9

Примечение: индексы *а*, *б* при наименовании сообществ имеют лишь условное, идентификационное значение. Под этими же индексами сообщества приведены на рис. 4 и 5.

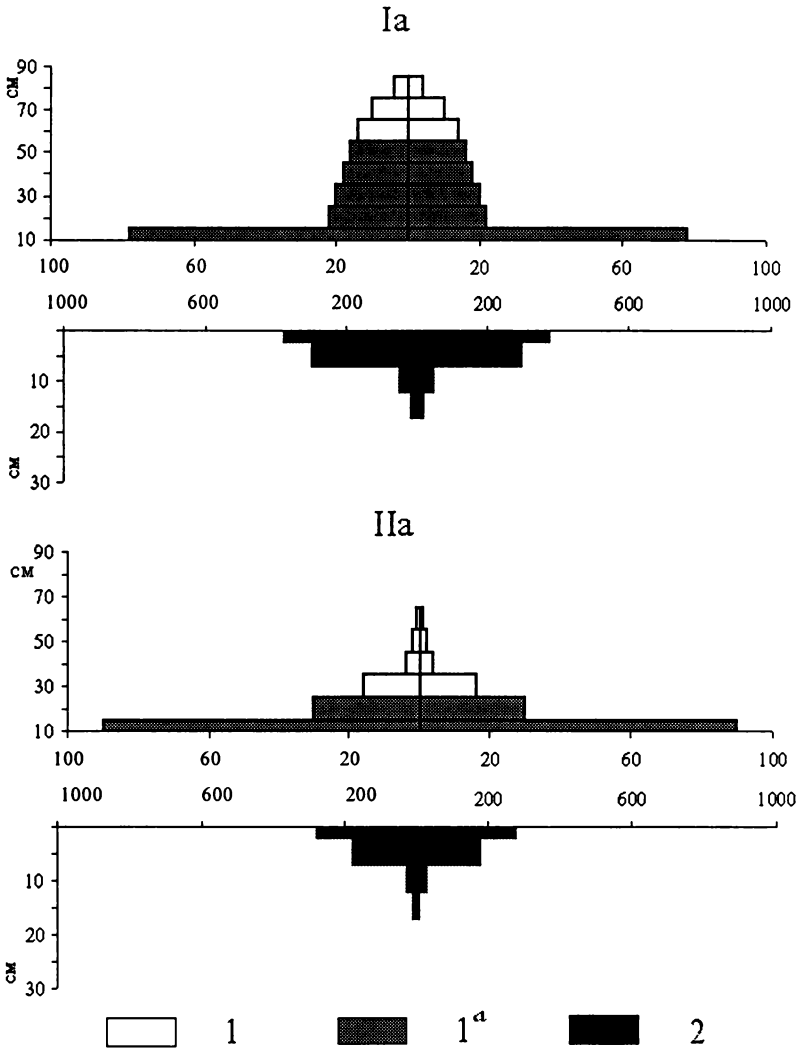
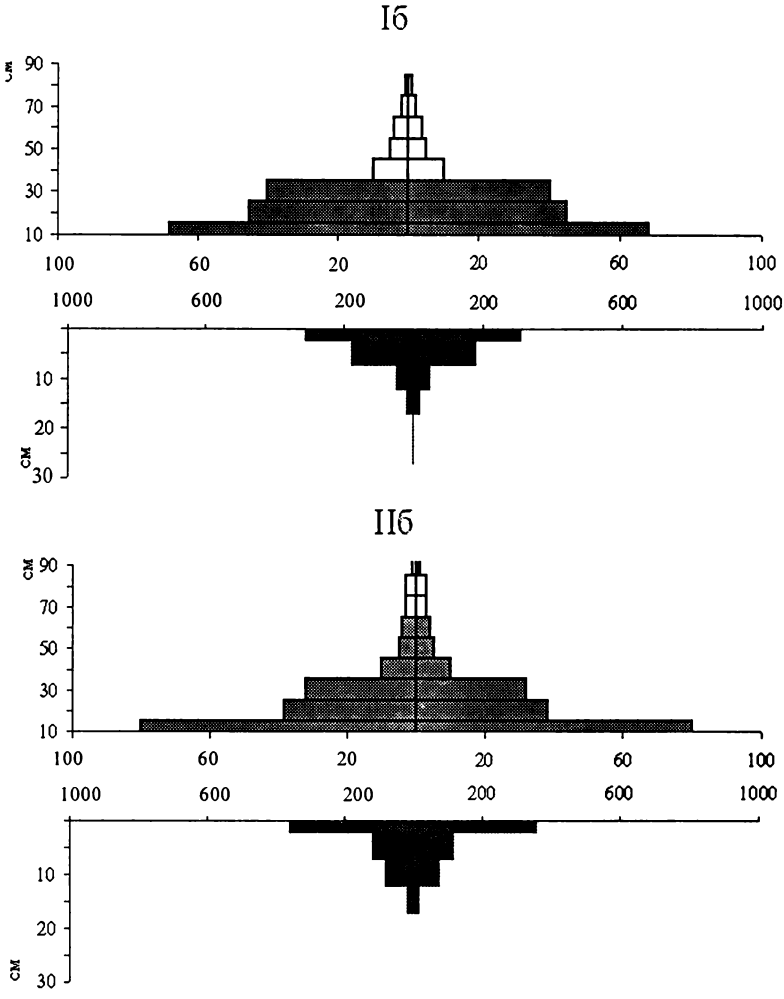


Рис. 4. Послойное распределение фитомассы в сообществах пойменных лугов долины р.Чусовой на разных стадиях пастбищной деградации (I-IV). Фитомасса, г/м²: *1* и *1*а — надземная; *1а* — в том числе основная ее часть (85%); 2 — подземная



ния доли надземной (от 1 : 3 — 1 : 3,8 в первых двух стадиях до 1 : 2,2 — 1 : 2,5 в третьей и четвертой).

В ходе трансформации фитоценозов закономерно возрастает доля синантропных видов в сложении надземной фитомассы, достигая максимума (приблизительно 70%) на IV стадии.

Соотношение агроботанических групп в сложении надземной фитомассы пойменных лугов показано на рис. 5. В низкой части поймы (осоково-камышовое сообщество) на I стадии деградации

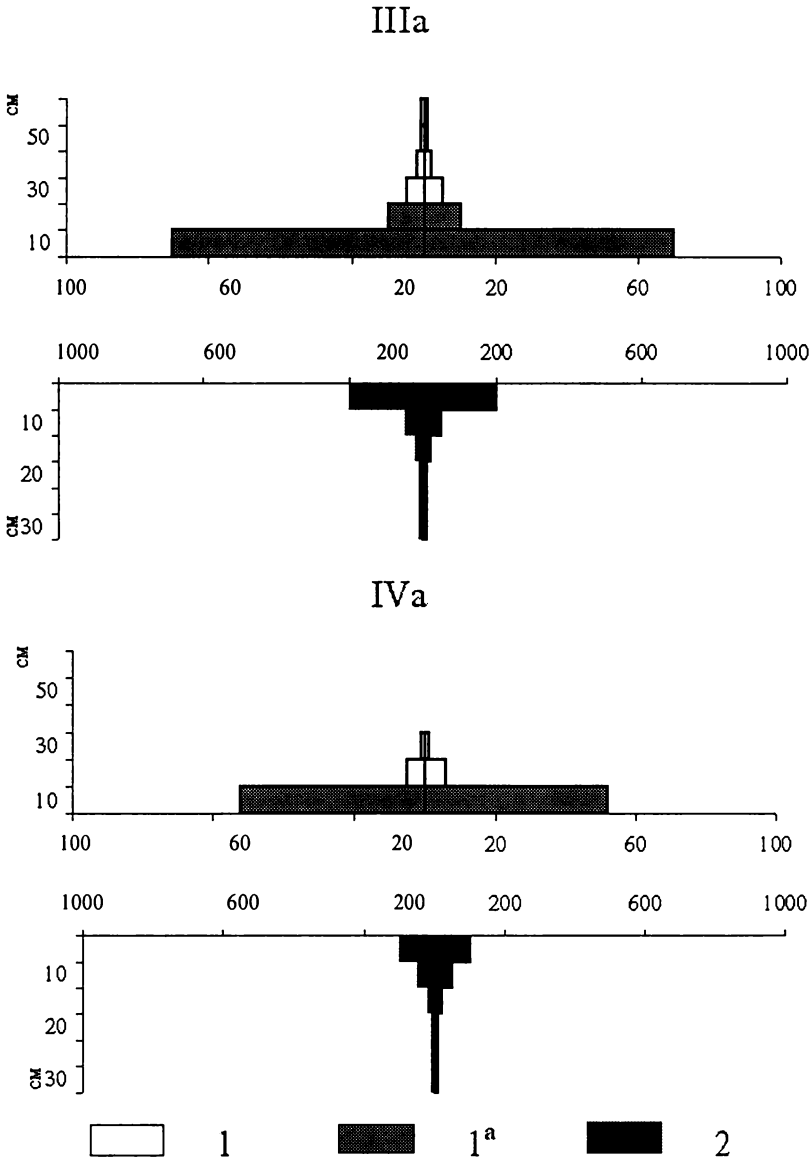


Рис.4. (Продолжение)

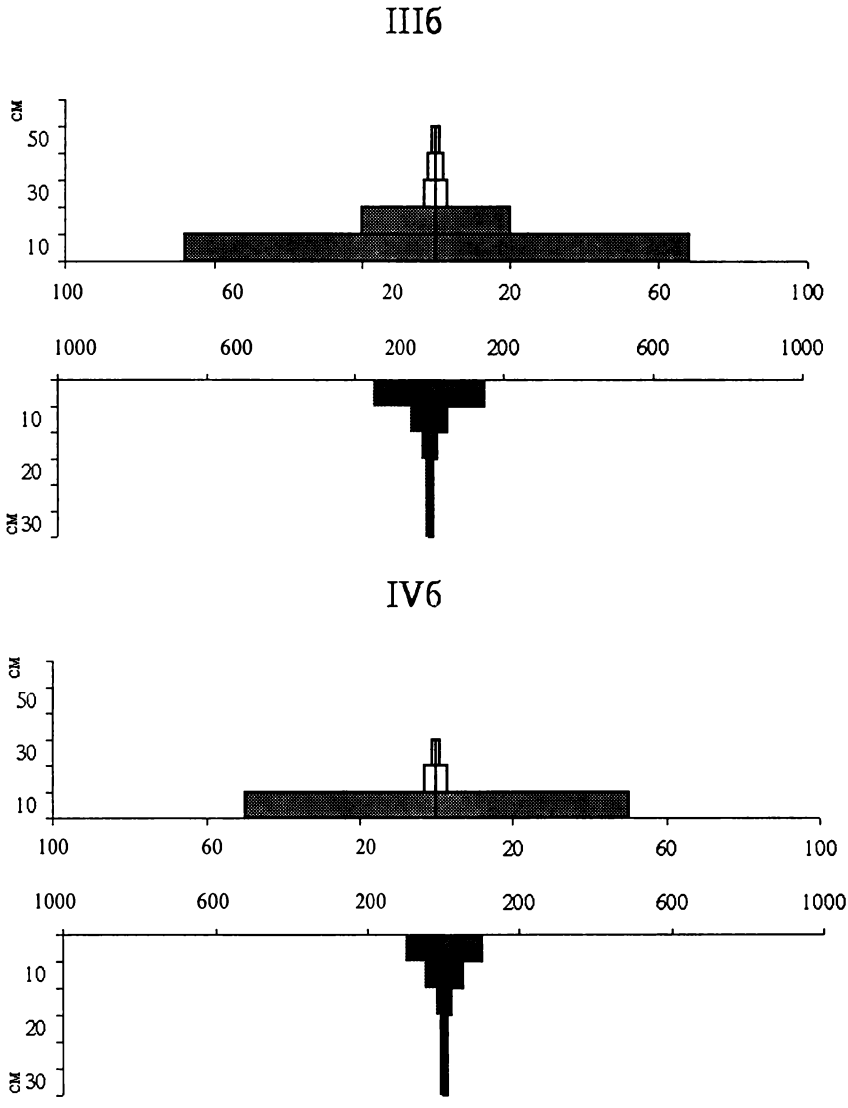


Рис.4. (Окончание)

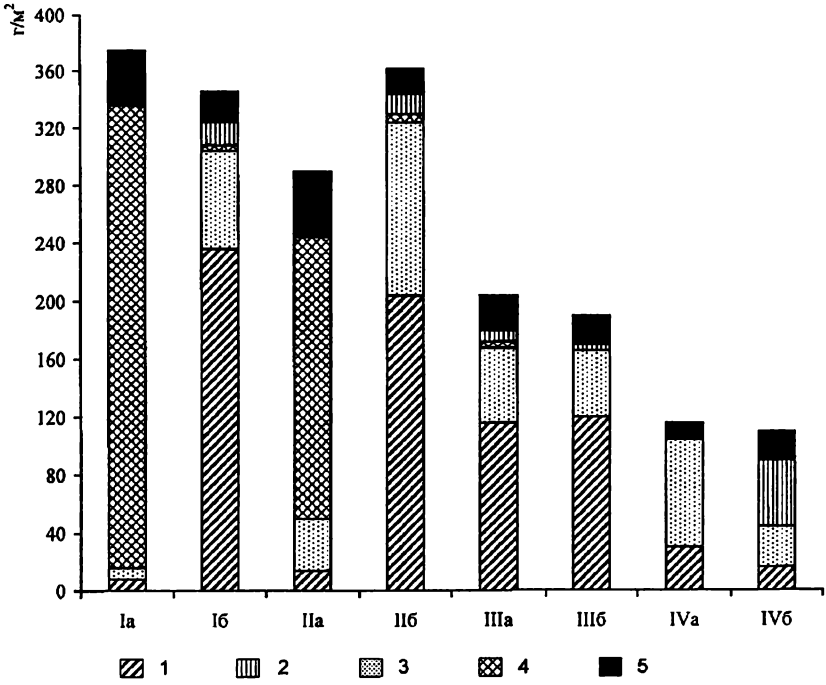


Рис. 5. Соотношение агроботанических групп в биомассе травостоя (г/м²) сообществ пойменных лугов долины р.Чусовой на разных стадиях паст бищной деградации (I-IV)

1 — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — осоки; *5* — ветошь

доминируют осоки; при переходе ко II стадии это доминирование сохраняется, но несколько увеличивается доля разнотравья и злаков. В средней и высокой частях поймы существенные изменения наблюдаются на IV стадии деградации, когда в низкотравно-гусинолапчатковом сообществе резко возрастает доля злаков, а в низкотравно-ползучеклеверном — доля бобовых.

2.2. Пойменные луга в долине р.Амбарки

Район исследований — восточные предгорья Среднего Урала, подзона южной тайги, долина р.Амбарки — притока р.Нейвы (бассейн р. Туры) — в Пригородном районе г.Нижнего Тагила. Русло р.Амбарки имеет слабо разработанную пойму, которую

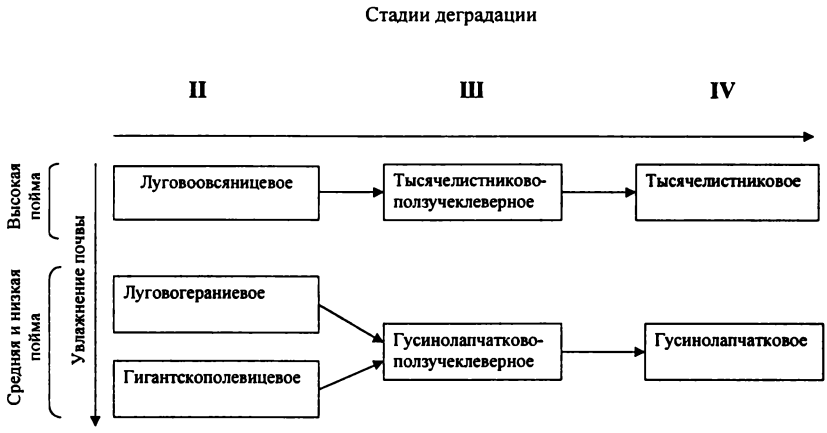


Рис. 6. Распределение сообществ пойменных лугов долины р.Амбарки по уровням поймы и стадиям деградации

можно подразделить на низкую, среднюю и высокую. Низкие участки поймы затопляются ежегодно сроком до 20 дней, а средние и высокие — до 10-12 дней, но не каждый год.

Изученные сообщества пойменных лугов находятся вблизи с.Южаково и в течение длительного времени используются для выпаса скота. Уровень их деградации возрастает по мере приближения к населенному пункту. Всего выделено и описано семь сообществ, отражающих разные уровни пастбищной деградации. Распределение их по элементам поймы и стадиям деградации показано на рис. 6.

2.2.1. Изменение флористического состава и структуры луговых сообществ

Исходных типов пойменных луговых сообществ в районе исследований не сохранилось. Все луга, связанные с аллювиальными луговыми суглинистыми почвами, в той или иной степени подвержены антропогенной деградации, причем главным фактором здесь выступает выпас скота. Сообщества, представляющие первую стадию деградации, здесь не сохранились. Менее затронутые выпасом сообщества относятся ко второй стадии деградации: в них основные ценозообразователи, характерные для естественных пойменных лугов, еще сохраняют позицию доминантов (табл. 9), их жизненность достаточно высока, и они способны к семенному

Таблица 9

Флористический состав сообществ пойменных лугов на разных стадиях пастбищной деградации (долина р.Амбарки)

№	Название растений	II стадия	
		луговоовсяницевое	луговогераниевое
1	2	3	4
	Злаки		
1	Agrostis gigantea	sol.-sp.	-
2	A. tenuis	sol.	sol.-sp.
3	Alopecurus pratensis	sol.	sol.
4	Bromopsis inermis	sol.-sp.	sol.-sp.
5	Dactylis glomerata	sol.	sol.
6	Deschampsia caespitosa	-	sol.-sp.
7	*Elytrigia repens	sp.	sol.-sp.
8	Festuca pratensis	cop.2	sp.
9	F. rubra	sp.	sol.-sp.
10	Phleum pratense	sp.-cop.1	sp.
11	Poa pratensis	cop.1	sp.-cop.1
	Бобовые		
12	Astragalus danicus	sol.	sol.
13	Lathyrus pratensis	sol.	sol.
14	Trifolium medium	sol.-sp.	sol.
15	T. pratense	sol.-sp.	sol.-sp.
16	*T. repens	sol.	-
17	Vicia cracca	sol.	sol.-sp.
18	V. sepium	sol.	sol.
	Разнотравье		
19	*Achillea millefolium	sol.	sp.
20	Agrimonia pilosa	sol.	-
21	*Alchemilla leiophylla	-	sol.
22	*Artemisia absinthium	-	-
23	*A. vulgaris	-	-
24	Betonica officinalis	sol.	-
25	*Bidens tripartita	-	-

	III стадия		IV стадия	
гигантскополевицевое	тысячелистниково-ползучеклеверное	гусинолапчатково-ползучеклеверное	тысячелистниковое	гусинолапчатковое
5	**6**	**7**	**8**	**9**
cop.2	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.	-
sol.	sp.	-	sol.-sp.	sol.-sp.
sol.-sp.	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.-sp.	sol.-sp.	sp.	sol.-sp.	sp.
sp.-cop.1	sp.	sp.	sol.-sp.	sp.
sp.	sol.-sp.	sol.	sol.	sol.
sp.	sp.-cop.1	sol.-sp.	sol.	sol.
sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.	-
sp.	cop.1	sp.	sol.-sp.	sol.
-	-	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
sol.-sp.	sol.	sol.	sol.	-
sol.-sp.	cop.2	cop.2	sp.	sp.
sol.	sol.	sol.-sp.	sol.	-
sol.	sol.	-	-	-
sol.	cop.1	sp.	cop.2	sp.
sol.	sol.	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
-	-	-	sol.	-
-	-	-	sol.	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	sol.

(Продолжение табл. 9)

1	2	3	4
26	*Carum carvi	sol.	sol.-sp.
27	Centaurea phrygia	sol.	sol.
28	C. scabiosa	sol.	-
29	Equisetum pratense	sol.	sol.
30	*Euphrasia tatarica	-	-
31	Galium boreale	sol.-sp.	sp.
32	G. mollugo	sol.	sol.
33	Geranium palustre	sol.	sol.
34	G. pratense	sol.	cop.2
35	*Glechoma hederacea	sol.	sol.
36	Heracleum sibiricum	sol.	sol.
37	*Leontodon autumnalis	-	-
38	Leucanthemum vulgare	sol.-sp.	sol.-sp.
39	Linaria vulgaris	-	-
40	Lythrum salicaria	-	sol.
41	Melandrium album	sol.	-
42	*Mentha arvensis	-	-
43	*Odontites serotina	-	-
44	Pimpinella saxifraga	sol.-sp.	sp.
45	*Plantago major	-	-
46	*P. media	sol.	sol.
47	*Polygonum aviculare	-	-
48	*Potentilla anserina	sol.	sol.-sp.
49	P. argentea	sol.	-
50	P. goldbachii	sol.	-
51	Prunella vulgaris	-	sol.
52	Ranunculus acris	sol.	-
53	R. repens	sol.	-
54	*Rumex confertus	-	-
55	Sanguisorba officinalis	sol.	sol.
56	Solidago virgaurea	sol.	sol.
57	Stellaria graminea	sol.	sol.
58	Tanacetum vulgare	sol.	sol.
59	*Taraxacum officinale	sol.	sol.-sp.
60	Thalictrum minus	sol.	sol.
61	Triglochin palustre	-	sol.
62	Veronica chamaedrys	sol.	sol.
63	Viola canina	sol.	sol.
Общее число видов:		47	42
в т.ч. синантропных		8	8
индекс синантропизации		17	19

Звездочкой (*) отмечены синантропные виды

5	6	7	8	9
sol.-sp.	sp.	sol.-sp.	cop.1	sp.-cop.1
sol.	-	-	-	-
-	-	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
-	-	-	sol.	-
sol.	sol.	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
-	-	-	-	-
sol.	-	sol.	-	-
-	-	sol.-sp.	-	sol.-sp.
sol.	-	-	-	-
-	sp.	sol.-sp.	-	sol.-sp.
sol.	sol.	sol.	-	-
-	-	-	sol.	-
sol.	-	sol.	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	sol.
-	-	sol.-sp.	-	sp.
sol.	sol.	-	sp.	-
sol.	sol.-sp.	sp.	sol.	sol.-sp.
-	sol.	sp.	sp.	-
-	-	-	-	sp.
sp.	sp.-cop.1	cop.1	sp.	cop.2
-	sol.	-	sol.	-
sol.	-	sol.	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
sol.	-	sol.	-	-
-	-	sol.-sp.	-	sol.
sol.	-	-	-	-
sol.	sol.	-	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
-	-	-	-	-
-	sp.	sol.	sol.-sp.	-
sol.	-	sol.	-	-
sol.	-	-	-	-
sol.	-	sol.	-	-
sol.	sol.	sol.	-	-
41	34	33	23	18
7	10	12	12	13
17,1	29,4	36,4	52,2	72,2

возобновлению. При переходе к третьей стадии ведущая позиция этих видов утрачивается, жизненность их снижается, а в состав сообщества внедряются более устойчивые к выпасу синантропные виды. На четвертой стадии доминирование переходит полностью к синантропным видам.

II стадия, представлена тремя основными сообществами. Одно из них — *лугововсяницевое* (Festuca pratensis) — занимает более повышенные и сухие участки (высокая пойма), а остальные — *луговогераниевое* (Geranium pratense) и *гигантскополевицевое* (Agrostis gigantea) — располагаются в относительно пониженных и сильнее увлажненных местах (средняя и низкая пойма).

На **III стадии** деградации в более высоких местах поймы на месте луговоовсяницевой формируется *тысячелистниково-ползучеклеверное* сообщество (Trifolium repens+Achillea millefolium). В средней и низкой пойме на месте двух сообществ — луговогераниевого и гигантскополевицевого — формируется лишь одно *гусинолапчатково-ползучеклеверное* (Trifolium repens+Potentilla anserina). По мере уплотнения почвы и ухудшения ее аэрации ранее существовавшие различия экотопов устраняются, что и приводит к конвергенции растительных сообществ.

Переход к **IV стадии** деградации на более повышенных участках поймы выражается в появлении *тысячелистникового* (Achillea millefolium) сообщества, приходящего на смену тысячелистниково-ползучеклеверному, а в пониженных — *гусинолапчаткового* (Potentilla anserina), сменяющее гусинолапчатково-ползучеклеверное.

Для луговых сообществ, относящихся ко второй стадии деградации, характерно еще относительно высокое флористическое богатство (табл.9). В составе их травостоя насчитывается от 41 до 47 видов. Доминируют обычные луговые злаки (Festuca pratensis, Agrostis gigantea) или некоторые представители разнотравья (Geranium pratense). Группа злаков представлена 9-10 видами, бобовых — 6-7 видами, в состав разнотравья входит 26-30 видов. Синантропные виды в числе 7-8 составляют незначительную примесь, обилие их невысокое.

На третьей стадии деградации общее число видов в отдельных сообществах снижается до 33-34, а злаков — до 7-8. Число видов бобовых в некоторых сообществах снижается до трех, а в других остается приблизительно на прежнем уровне, разнотравья

становится меньше (20-23 вида). Синантропных растений на этой стадии больше (10-12), чем на предыдущей; некоторые устойчивые к выпасу виды (Trifolium repens) приобретают значение доминанта, другие (Potentilla anserina, Achillea millefolium) — кодоминанта.

На четвертой стадии деградации отмечено еще большее обеднение видового состава луговых сообществ (18-23 вида), снижение доли участия злаков и бобовых (по обилию, а в некоторых сообществах — по числу видов). Численность синантропных растений остается на прежнем уровне или несколько увеличивается (до 13), но доля участия их по отношению к общему видовому составу возрастает весьма существенно — до 72%. Ведущее положение по обилию в луговых сообществах на четвертой стадии деградации занимают синантропные виды.

2.2.2. Изменение продуктивности

Общий запас фитомассы в сообществах, находящихся на второй стадии деградации, колеблется от 641 до 1025 г/м^2 ; более высокой продуктивностью отличается луговововсяницевое сообщество; более низкой — гигантскополевицевое (табл. 10). В дальнейшем, по мере усиления пастбищных нагрузок, происходит существенное снижение общего запаса фитомассы (до 486-580 г/м^2 на четвертой стадии). Это объясняется уплотнением почвы и ухудшением ее аэрации. Отрицательное влияние выпаса на формирование корневых систем луговых растений отмечал Н.С. Конюшков (1930).

Вклад различных агроботанических групп в сложении надземной фитомассы на разных стадиях деградации пойменных луговых сообществ показан на рис. 7. Доля злаков в формировании надземной фитомассы по мере деградации неуклонно снижается. При переходе от второй стадии к третьей доля бобовых возрастает (в связи с тем, что на позицию доминанта выходит Trifolium repens, устойчивый к умеренному выпасу). Однако на четвертой стадии доля участия бобовых существенно снижается, отчетливо прослеживается увеличение вклада разнотравья в сложение надземной фитомассы. Отношение запаса надземной фитомассы к запасу подземной по мере деградации остается приблизительно на том же уровне. Весьма показательно неуклонное возрастание доли синантропных видов в сложении надземной фитомассы, вплоть до полного их преобладания на четвертой стадии.

Таблица 10

Изменение продуктивности пойменных луговых сообществ по мере их деградации (долина р.Амбарки)

Стадии деградации	Сообщество	Запас фитомассы, г/м^2 возд.-сух.вещества			Отношение запаса надземной фитомассы к подземной	Доля синантропных видов в сложении надземной фито-массы	
		надземной	подземной	общий (надзем-ной и подземной)		г/м^2	%
II	а) Луговоовсяницевое	263	762	1025	1:2,9	31	11,8
	б) Луговогераниевое	343	508	851	1:1,5	45	13,1
	в) Гигантскополевицевое	208	433	641	1:2,1	29	13,9
III	а) Тысячелистниково-ползучеклеверное	168	434	602	1:2,6	87	51,8
	б) Гусинолапчатково-ползучеклеверное	158	347	505	1:2,2	77	48,7
IV	а) Тысячелистниковое	172	408	580	1:2,4	143	83,1
	б) Гусинолапчатковое	193	293	486	1:1,5	168	87

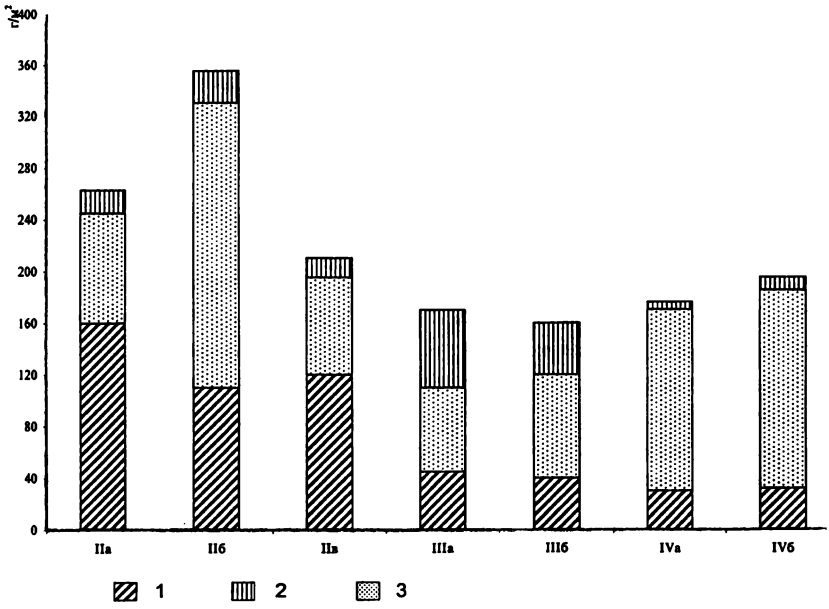


Рис. 7. Соотношение агроботанических групп в биомассе травостоя (г/м²) сообществ пойменных лугов долины р.Амбарки на разных стадиях пастбищной деградации (II-IV). I-VIII — варианты опыта

1 — злаки; *2* — бобовые;
3 — разнотравье (ветошь не учитывалась)

2.3. Общие закономерности пастбищной деградации пойменных лугов

Результаты исследования пойменных лугов в бассейнах двух рек (Чусовая и Амбарка) показывают, что интенсивные антропогенные воздействия (выпас скота) влекут за собой существенные изменения в составе пойменных лугов. По мере нарастания антропогенного прессинга видовой состав луговых сообществ обедняется, причем одновременно возрастает доля синантропных видов. Наряду с этими изменениями в луговых сообществах снижается общий запас фитомассы, происходит замена ценных кормовых трав малоценными и плохо поедаемыми. Интенсивность синантропизации увеличивается при движении от низкого уровня поймы к высокому. Соотношение экологических и ценотических групп в составе луговых сообществ тесно коррелирует с градиентом увлажнения.

Для оценки уровня пастбищной деградации пойменных лугов можно пользоваться теми же критериями, которые применялись нами по отношению к суходольным лугам (доля синантропных видов в флористическом составе и в сложении надземной фитомассы).

Анализ флоры сообществ пойменных лугов по уровню их синантропизации показывает, что менее всего подверглись антропогенным воздействиям луга низкого уровня поймы, они представлены сообществами, относящимися к I и II стадиям деградации. Это объясняется поздним освобождением таких лугов от паводковых вод и переувлажненностью почвы, что делает их малопригодными для выпаса. На среднем и высоком уровне луга представлены более продвинутыми стадиями деградации (II-IV). На высоком уровне поймы хорошо выражены сообщества III и IV стадий. Как видно, интенсивность деградации закономерно нарастает при движении от низкого уровня к высокому.

Судя по литературным данным (Матвеева, 1974), в разных луговых сообществах отношение надземной фитомассы к подземной колеблется от 1:1 до 1:10. Имеются указания (Работнов, 1978а), что при увеличении увлажнения почв, ухудшении дренажа и нарастания кислотности почвы масса подземных органов возрастает, что по-видимому, обусловлено накоплением в почве отмерших корней. Однако в некоторых случаях, как отмечает тот же автор, при переходе от более сухих лугов к более влажным сначала наблюдается снижение, а лишь затем увеличение массы подземных органов. Кроме того, есть данные (Шалыт, 1950) о том, что при колебании уровня грунтовых вод, а в частности при периодическом повышении его до поверхности почвы создаются неблагоприятные условия для развития корневых систем луговых растений.

Результаты наших исследований показали, что в сообществах пойменных лугов отношение надземной массы к подземной колеблется от 1:1,5 до 1:3,8. Незначительное превышение запаса подземной массы по отношению к надземной объясняется тем, что изученные сообщества пойменных лугов достаточно обеспечены влагой. Увлажнение здесь проточное, поэтому корневые системы растений не испытывают недостатка кислорода, разложение отмерших подземных частей растений происходит достаточно быстро. Некоторые различия в соотношении надземной и подземной массы между отдельными сообществами объясняются не столько особенностями режима увлажнения, сколько неодинаковыми морфолого-биологическими особенностями доминирующих видов.

Глава 3

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СУХОДОЛЬНЫХ ЛУГОВ

3.1. Объекты и методика исследований

Исследования по восстановлению потенциала суходольных лугов под влиянием различных видов и доз минеральных удобрений и разных режимов использования проводились в течение пяти лет на территории двух хозяйств в Шалинском районе Свердловской области близ поселков Сылва и Староуткинск. Эта территория относится к западным высоким предгорьям Среднего Урала, подзоне южной тайги. Здесь в горно-лесном поясе Среднего Урала довольно широко распространены суходольные луга, расположенные на вершинах холмов и увалов, а также на их склонах. В травостое доминирует разнотравье: манжетки, сныть обыкновенная, купальница европейская, герань лесная и др. Луга с таким травостоем сформировались на месте вырубленных темнохвойных лесов, они не занимают больших площадей, мелкоконтурны. Очень часто они вкраплены в лесные массивы или примыкают к ним, о чем свидетельствует их флористический состав, в котором до 50% и более присутствуют лесные и лугово-лесные виды. Такие луга обычно имеют низкую продуктивность, а кормовые достоинства их травостоя невысокие.

Цель наших исследований — выявить оптимальные виды и дозы минеральных удобрений и режимы использования, обеспечивающие восстановление истощенных лугов и поддержание их на уровне потенциальной продуктивности.

Программа исследования предусматривала постановку трех полевых опытов, с тем чтобы проследить формирование травостоя под влиянием:

1) разных видов минеральных удобрений (N P K), как в отдельности, так и в различных комбинациях;

2) различных доз азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне;

3) интенсивного (2-х — 3-х укосного) использования на фоне N_{180} P_{60} K_{90}.[1]

Эти задачи решались на примере лугов послелесного происхождения, прежде более или менее регулярно использовавшихся в качестве сенокосов.

Опыт 1. Для изучения влияния минеральных удобрений (N P K и их различных комбинаций) на травостой был выбран участок суходольного злаково-разнотравного луга, в котором почти в равных пропорциях доминировали Alchemilla murbeckiana, Aegopodium podagraria, в меньшей степени — Trollius europaeus.

Почва на участке дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая, сформировалась в условиях выровненного рельефа, на месте сведенного темнохвойного леса с хорошо развитым травяным и моховым покровом. Увлажнение устойчивое, достаточное. Строение почвы по генетическим горизонтам таково:

A_0	0-2 см	Опад (лесная подстилка) из листьев, веточек.
A_0A_1	2-5 см	Дерновина, органогенный горизонт с большой насыщенностью корневыми системами.
A_1	5-13 см	Гумусово-аккумулятивный горизонт, темно-серого цвета, средний суглинок, мелкокомковатой структуры, рыхлый с большим содержанием корней травянистых растений.
A_1A_2	13-15 см	Средний суглинок, белесо-серый.
A_2	15-22 см	Средний суглинок, белесоватый, рыхлый, бесструктурный.
A_2B	22-30 см	Тяжелый суглинок, более плотный, серого цвета.
B	30-70 см	Тяжелый суглинок, плотный, ореховато-комковатой структуры, бурой окраски.

Схема опыта включала следующие варианты: 1) контроль (без удобрений); 2) N_{60}; 3) P_{60}; 4) K_{60}; 5) N_{60} P_{60}; 6) N_{60} K_{60}; 7) P_{60} K_{60}; 8) N_{60} P_{60} K_{60}.

Минеральные удобрения (аммиачная селитра, двойной суперфосфат, хлористый калий) вносили ежегодно ранней весной, в фазе весеннего отрастания трав в дозах по 60 кг/га действующего вещества. Использование травостоя одноукосное. Скашивание проводилось в начале периода массового цветения трав, что соответствует наибольшему накоплению фитомассы.

Опыт 2. Влияние возрастающих доз азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне изучалось на суходольном лугу с не-

1 Как это принято в агроботанической литературе, цифры при наименовании химических элементов показывают количество вносимого действующего вещества в килограммах на 1 гектар.

сколько избыточным увлажнением, с хорошо выраженным моховым ярусом на поверхности почвы. Объектом послужил мелкозлаково-разнотравный луг с преобладанием Alchemilla murbeckiana, Cirsium heterophyllum, Trollius europaeus, с существенной примесью Agrostis tenuis.

Почва на участке дерново-среднеподзолистая суглинистая с признаками оглеения. Ее морфологическое строение:

A_0	0-5 см	Подстилка из отмерших мхов, листьев и стеблей внизу хорошо разложившаяся, пронизана корнями травянистых растений.
A_1	5-15 см	Темно-серый, зернистой структуры, средний суглинок, содержит много корней растений.
A_2	15-25 см	Белесовато-серый, уплотненный, средний суглинок.
B	25-70 см	Буровато-желтый с металлическим блеском, местами сизоватый, с ржавыми пятнами, тяжелый суглинок ореховатой структуры.

Схема опыта включала шесть вариантов: 1) контроль (без удобрений); 2) P_{60} K_{60}; 3) N_{30} P_{60} K_{60}; 4) N_{60} P_{60} K_{60}; 5) N_{90} P_{60} K_{60}; 6) N_{120} P_{60} K_{60}.

Фосфорные и калийные удобрения (двойной суперфосфат, хлористый калий) вносили в дозах по 60 кг/га действующего вещества, а азотные (аммиачная селитра) — в возрастающих дозах от 30 до 120 кг/га действующего вещества. Удобрение вносили в один прием в фазе весеннего отрастания трав. Использование травостоя, как и в первом опыте, одноукосное.

Опыт 3. Изучение влияния разных режимов скашивания (2-х — 3-х укосного использования на фоне N_{180} P_{60} K_{90}) на формирование травостоя суходольного луга проводилось на участке суходольного луга, в травостое которого доминировали виды из группы разнотравья: Alchemilla murbeckiana, Aegopodium podagraria, Geranium sylvaticum. Почва дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая, по морфологическим признакам близка к почве в опыте 1.

Опыт осуществлялся в четырех вариантах: 1) контроль (без удобрений) — 2-х укосное использование; 2) N_{180} P_{60} K_{90} — 2-х укосное использование; 3) N_{180} P_{60} K_{90} — 3-х укосное использование; 4) N_{180} P_{60} K_{90} — чередование по годам 2-х — 3-х укосного использования.

Фосфорные и калийные удобрения вносили в один прием в фазе весеннего отрастания трав. Азотные удобрения (аммиачная селитра) в вариантах с двухукосным использованием вносили в

два приема равными частями ранней весной и после первого укоса. В вариантах с 3-х укосным использованием азотные удобрения вносили равными частями в три приема: 1) ранней весной; 2) после первого укоса, 3) после второго укоса. Скашивание травостоя в вариантах с двух укосным использованием проводили: первый укос — 20-25 июня (в фазе начала цветения злаков); второй укос — 30 августа — 5 сентября. В вариантах с трехукосным использованием травостой скашивали в следующие сроки: первый укос — в фазе колошения злаков (10 июня); второй укос 15-20 июля; третий укос — 30 августа — 5 сентября.

Все стационарные участки (1, 2 и 3 опыты) были разбиты на делянки, количество которых зависело от числа вариантов опыта. Площадь каждой делянки — 10м^2, повторность пяти- или шести-кратная. При такой площади делянок и такой повторности, с условием выделения защитных полос, обеспечивается получение достоверных результатов (Работнов, 1998). Все варианты опыта размещены на участках с однородным травостоем.

Ежегодно, в период начала массового цветения трав, перед скашиванием проводилось описание флористического состава травостоя — во всех вариантах опыта, с указанием обилия по шкале Друде, отмечалась высота растений, фаза вегетации.

Для учета надземной фитомассы травостой срезали на уровне поверхности почвы, на площадках 0,5×1 м в восьмикратной повторности. Укосы разбирали в свежем виде по агроботаническим группам (злаки, бобовые, разнотравье). Кроме того, отдельно учитывали доминирующие виды. Разобранные укосы высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

Для выявления послойного распределения (стратификации) надземной фитомассы по вертикальному профилю травостой срезали у поверхности почвы на площадках 0,15×1 м в четырех повторностях. Полученный снопик травостоя разрезали, начиная с основания стеблей, на отрезки 0-7 см; 7-10; 10-20; 20-30 и т.д. Затем в каждом отрезке выделяли фракции (листья, соцветия и стебли), которые высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

Кроме того, в первом и втором опытах проводилось определение запаса подземной фитомассы. Для этого использовался круглый стальной бур с внутренним диаметром 80 мм (площадь сечения 50 см^2). Образцы брали послойно через каждые 5 см в восьмикратной повторности. Почву с подземными частями промывали в ситах в проточной воде. Отмытую фитомассу высушивали до воздушно-сухого состояния и взвешивали.

Определение урожайности травостоя проводилось по методике, разработанной Всесоюзным научно-исследовательским институтом кормов имени В.Р. Вильямса: травостой скашивали на высоте 7 см на всей делянке, взвешивали, затем отбирали среднюю пробу по 0,5 кг на усушку, с последующим пересчетом урожая на воздушно-сухую массу.

Флористический состав стационарных участков, избранных для проведения опытов (табл. 11), однороден; коэффициент флористического сходства между ними 90-98,4%. В травостое насчитывается 79 видов сосудистых растений. Они относятся к 22 семействам, 60 родам. Широко представлены семейства Poaceae — 11 видов (13,8%), Fabaceae — 8 видов (10%), Asteraceae — 7 видов (8,9%), Rosaceae — 7 (8,9%), Apiaceae — 6 видов (7,6%). В экологическом спектре преобладают мезофиты — 64 вида (81%): Elytrigia repens, Festuca rubra, Trifolium medium, Alchemilla murbeckiana, Cirsium heterophyllum и др.; существенна примесь гигромезофитов:Aegopodium podagraria, Angelica sylvestris, Potentilla erecta и др. — 7 видов (8,9%). Участие в травостое мезогигрофитов (Coronaria flos-cuculi, Galium uliginosum) — 3 вида (3,8%), гигрофитов (Filipendula ulmaria, Veratrum lobelianum) — 2 вида (2,5%) и ксеромезофитов (Centaurea scabiosa, Pimpinella saxifraga и др.) — 3 вида (3,8%) — незначительно.

Из ценотических групп в травостое наиболее представлены луговые виды (Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Poa pratensis, Sanguisorba officinalis и др.). По видовому разнообразию они занимают ведущее положение в сообществах — всего 33 вида (41,8%). Существенна примесь лугово-лесных (Bupleurum aureum, Solidago virgaurea, Veronica chamaedrys, Viola canina и др.) — 28 видов (35,5%). К этой группе принадлежат наиболее ценотически активные виды, выступающие в роли доминантов и кодоминантов: Alchemilla murbeckiana, Cirsium heterophyllum, Trollius europaeus. Довольно значительно участие лесных (Galium boreale, Stellaria holostea, Viola mirabilis и др.) — 9 видов (11,4%). В небольшом количестве отмечены лугово-болотные (Coronaria flos-cuculi, Myosotis caespitosa и др.) — 5 видов (6,3%), лесостепные (Pimpinella saxifraga,Centaurea scabiosa) — 2 вида (2,5%).

По продолжительности жизни большинство растений относится к многолетникам — 72 вида (91,1%), однолетники и одно-двулетники представлены четырьмя видами (Rhinanthus vernalis, Trifolium spadiceum, Viola tricolor, Melampyrum pratense), а двулетники — тремя видами (Campanula patula, Carum carvi, Cerastium holosteoides).

Таблица 11

Эколого-биологическая характеристика травостоя опытных участков

№	Название вида	Экологическая группа	Ценотическая группа	Тип фенологического развития	Продолжительность жизни	Тип корневой системы	Способ перезимовывания	Кормовая ценность
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Злаки							
1	Agrostis gigantea	Мэ	ЛГ	ПЛ	М	КК	ГК	5
2	A. tenuis	Мол	ЛГ	ПЛ	М	КК	ГК	3
3	Anthoxanthum odoratum	Мол	ЛГ	РСЛ	М	РД	ГК	3
4	Calamagrostis arundinacea	Мок	ЛЕС	ПЛ	М	ДК	ГК	2
5	Dactylis glomerata	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	РД	ГК	5
6	Deschampsia caespitosa	ГМ ок	ЛГ	РСЛ	М	ПД	ГК	3
7	*Elytrigia repens	Мм	ЛГ	ПЛ	М	ДК	ГК	4
8	Festuca pratensis	Мм	ЛГ	РСЛ	М	РД	ГК	5
9	F. rubra	Мол	ЛГ	РСЛ	М	КРД	ГК	5
10	Phleum pratense	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	РД	ГК	5
11	Poa pratensis	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	КРД	ГК	5
	Бобовые							
12	Lathyrus pratensis	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	ДК	ГК	4
13	L. vernus	Мм	ЛГЛ	ПВ	М	ДК	ГК	1
14	Trifolium medium	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	ДК	ГК	5
15	T. pratense	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	ДСТ	ГК	5
16	*T. repens	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	НСТ	ГК	5
17	T. spadiceum	Мэ	ЛГ	РСЛ	О	КСТ	Т	2
18	Vicia cracca	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	ДК	ГК	5
19	V. sepium	КМм	ЛГ	РСЛ	М	ДК	ГК	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
20	*Achillea millefolium	Мм	ЛГ	ПЛ	М	ДК	ГК	3
21	Aegopodium podagraria	ГМэ	ЛЕС	РСЛ	М	ДК	ГК	2
22	Ajuga reptans	Мм	ЛГЛ	ПВ	М	КК	ГК	1
23	Alchemilla murbeckiana	Мм	ЛГЛ	ПВ	М	КК	ГК	3
24	*A. tubulosa	Мм	ЛГЛ	ПВ	М	КК	ГК	3
25	Angelica sylvestris	ГМм	ЛЕС	ПЛ	М	КСТ	ГК	2
26	Asarum europaeum	ГМм	ЛЕС	ПВ	М	КК	Х	яд
27	Betonica officinalis	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	КИСТК	ГК	1
28	Bupleurum aureum	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	ДК	ГК	2
29	Campanula patula	Мм	ЛГЛ	РСЛ	Д	КСТ	ГК	2
30	*Carum carvi	Мм	ЛГ	РСЛ	Д	ДСТ	ГК	4
31	Centaurea scabiosa	КМм	ЛС	ПЛ	М	ДСТ	ГК	2
32	*Cerastium holosteoides	Мм	ЛГЛ	РСЛ	Д	КСТ	ГК	1
33	Cirsium heterophyllum	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	ДК	ГК	1
34	Coronaria flos-cuculi	МГ ок	ЛГБ	РСЛ	М	КК	ГК	1
35	Dianthus deltoides	Мол	ЛГ	РСЛ	М	ДК	ГК	2
36	*Euphorbia virgata	Мм	Р	РСЛ	М	КОТПР	ГК	яд
37	Filipendula ulmaria	Гэ	ЛГБ	РСЛ	М	ДК	ГК	3
38	Fragaria vesca	Мм	ЛЕС	РСЛ	М	НСТ	ГК	2
39	Galium album	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	ДК	ГК	Вр
40	G. boreale	Мм	ЛЕС	ПЛ	М	ДК	ГК	Вр
41	G. mollugo	Мэ	ЛГЛ	РСЛ	М	ДК	ГК	Вр
42	G. uliginosum	МГ ок	ЛГБ	РСЛ	М	ДК	Х	Вр
43	Geranium pratense	Мэ	ЛГ	РСЛ	М	ДК	ГК	2
44	G. sylvaticum	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	КК	ГК	2
45	*Glechoma hederacea	Мм	ЛГ	РСЛ	М	НСТ	ГК	1
46	Heracleum sibiricum	Мэ	ЛГЛ	РСЛ	М	ДСТ	ГК	4

(Продолжение табл. 11)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
47	Hieracium pratense	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	КИСТК	ГК	яд
48	Hypericum maculatum	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	ДК	ГК	яд
49	H. perforatum	Мм	ЛГЛ	ПЛ	М	ДК	ГК	яд
50	*Knautia arvensis	Мм	ЛГЛ	ПЛ	М	КК	ГК	1
51	Leucanthemum vulgare	Мм	ЛГ	РСЛ	М	КСТ	ГК	2
52	*Linaria vulgaris	Мм	Р	ПЛ	М	КОТПР	ГК	яд
53	Melampyrum pratense	Мм	ЛГЛ	РСЛ	О	КСТ	Т	Вр
54	Myosotis caespitosa	МГм	ЛГБ	РСЛ	М	КК	ГК	Вр
55	Pimpinella saxifraga	КМм	ЛС	ПЛ	М	КСТ	ГК	4
56	*Plantago media	Мм	ЛГ	РСЛ	М	КСТ	ГК	3
57	Polemonium coeruleum	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	КК	ГК	2
58	Polygonum alpinum	Мм	ЛГЛ	ПЛ	М	ДК	ГК	Вр
59	Potentilla erecta	ГМм	ЛГЛ	РСЛ	М	КК	ГК	3
60	P. goldbachii	Мм	ЛГЛ	ПЛ	М	ДК	ГК	2
61	*Prunella vulgaris	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	НСТ	ГК	1
62	Ranunculus acris	ГМ ок	ЛГ	ПВ	М	КИСТК	ГК	яд
63	R. auricomus	Мм	ЛГ	ПВ	М	КИСТК	ГК	яд
64	R. polyanthemus	Мм	ЛГ	РСЛ	М	КИСТК	ГК	яд
65	Rhinanthus vernalis	Мол	ЛГ	РСЛ	О	КСТ	Т	Вр
66	*Rumex acetosa	Мок	ЛГ	РСЛ	М	КИСТК	ГК	Вр
67	Sanguisorba officinalis	Мм	ЛГ	РСЛ	М	КК	ГК	4
68	Solidago virgaurea	Мм	ЛГЛ	ПЛ	М	КСТ	ГК	яд
69	Stellaria graminea	Мм	ЛГ	РСЛ	М	ДК	Х	яд
70	S. holostea	Мол	ЛЕС	РСЛ	М	ДК	Х	яд
71	Succisa pratensis	ГМ ол	ЛЕС	ПЛ	М	КИСТК	ГК	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
72	*Taraxacum officinale	Мм	ЛГ	ПВ	М	ДСТ	ГК	3
73	Thalictrum simplex	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	КИСТК	ГК	1
74	Trollius europaeus	Мм	ЛГЛ	ПВ	М	КИСТК	ГК	яд
75	*Veratrum lobelianum	Гм	ЛГБ	РСЛ	М	КИСТК	ГК	яд
76	Veronica chamaedrys	Мм	ЛГЛ	РСЛ	М	ДК	Х	2
77	Viola canina	Мм	ЛГЛ	ПВ	М	ДК	ГК	2
78	V. mirabilis	Мм	ЛЕС	РСЛ	М	ДК	ГК	2
79	V. tricolor	Мм	ЛГ	РСЛ	О	КСТ	Т	2

Условные обозначения к табл. 11

Экологические группы: М — мезофиты, ГМ — гигромезофиты, МГ — мезогигрофиты, Г — гигрофиты, КМ — ксеромезофиты, Строчные буквы э, м, ок, ол — обозначают отношение растений к богатству почвы: эу — мезо — оксило — олиготрофные.

Ценотические группы: ЛГ — луговые, ЛЕС — лесные, ЛГЛ — лугово-лесные, Б — болотные, ЛГБ — лугово-болотные, ЛС — лесостепные, Р — рудеральные.

Тип фенологического развития: ПВ — растения с поздневесенними, РСЛ — с раннесреднелетними, ПЛ — с позднелетними сроками цветения.

Продолжительность жизни: О — однолетники, Д — двулетники, М — многолетники.

Тип корневой системы: РД — рыхлодерновинные, КРД — корневищно-рыхлодерновинные, ПД — плотнодерновинные, ДК — длиннокорневищные, КК — короткокорневищные, КСТ — короткостержнекорневые, ДСТ — длинностержнекорневые, КИСТК — кистекорневые, КОТПР — корнеотпрысковые, НСТ — надземностелющиеся.

Способ перезимовывания: ГК — гемикриптофиты, Х — хамефиты, Т — терофиты.

Кормовая ценность по 5-балльной шкале Ларина: 5 — отлично поедаемые, 4 — хорошо, 3 — удовлетворительно, 2 — слабопоедаемые, 1 — непоедаемые, ЯД — ядовитые, ВР — вредные.

Звездочкой (*) обозначены синантропные виды.

По фенологической ритмике в травостое выделяются три группы растений:

1) с поздневесенними (конец мая — начало июня) сроками цветения — Taraxacum officinale, Trollius europaeus, Viola canina и др.;

1) 2) с ранне-среднелетними (июнь — начало июля) сроками цветения — Festuca pratensis, Dactylis glomerata, Leucanthemum vulgare и др.;

3) виды, цветущие в позднелетние сроки (конец июля — август) — Hypericum perforatum, Pimpinella saxifraga, Solidago virgaurea и др.

На всех стационарных участках в травостое преобладают виды с раннелетними сроками цветения. Такой набор основных компонентов выработался в результате сенокосного режима использования луга.

По типу корневых систем и характеру побегообразования выделяются следующие основные группы:

1) длиннокорневищные (Aegopodium podagraria, Filipendula ulmaria, Trifolium medium, Vicia cracca) — 27 видов (34,2%);

2) короткокорневищные (Ajuga reptans, Potentilla erecta, Polemonium coeruleum) — 13 видов (16,4%);

3) короткостержнекорневые (Campanula patula, Plantago media, Viola tricolor) — 11 видов (13,9%).

4) кистекорневые (Hieracium pratense, Ranunculus acris, Veratrum lobelianum) — 10 видов (12,7%);

5) длинностержнекорневые (Carum carvi, Centaurea scabiosa, Taraxacum officinale) — 5 видов (6,3%).

На долю остальных групп — рыхлодерновинных, корневищно-рыхлодерновинных, надземностелющихся и др. приходится 16,5%.

Почва на стационарных участках достаточно влажная, рыхлая, хорошо аэрированная — все это создает оптимальные условия для роста и развития корневищных трав.

По способу перезимовывания абсолютное большинство трав принадлежит к гемикриптофитам — 70 видов (88,6%), в небольшой примеси отмечены хамефиты — 5 видов (6,3%) и терофиты — 4 вида (5,1%).

Присутствие в травостое опытных участков 15 видов синантропных растений (19%) — результат длительного сенокосного использования.

Питательная ценность травостоя невысокая: 28 видов (35,4%) имеют низкие, 10 видов (12,7%) средние, 17 видов (21,5%) —

высокие показатели кормового достоинства. Кроме того довольно широко представлены ядовитые (Linaria vulgaris, Ranunculus acris, Stellaria graminea, Trollius europaeus, Veratrum lobelianum и др.) — 15 видов (19%) и вредные (Galium boreale, Galium mollugo, Rumex acetosa и др.) — 9 видов (11,4%).

Проведенный анализ показывает, что в исходном травостое стационарных участков доминируют многолетние мезофиты с ранне-среднелетними сроками цветения. Преобладающий тип корневой системы — корневищный. Кормовая ценность травостоя низкая.

3.2. Опыт первый — влияние разных видов минеральных удобрений как в отдельности, так и в различных комбинациях

3.2.1. Изменение флористического и агроботанического состава травостоя

Травостой **контрольного участка (I вариант — без удобрений)** насчитывает 62 вида (табл. 12), из них: злаков — 11 (17,7%), бобовых — 8 (12,9%), и разнотравья — 43 вида (69,4%). Основу травостоя в год закладки опыта создавали виды, относящиеся к двум ценотическим группам: лесной — Aegopodium podagraria, и лугово-лесной: Alchemilla murbeckiana, Trollius europaeus. Позиция злаков в сложении травостоя как в первый год, так и на пятый год второстепенна, из их числа постоянно присутствуют в фитоценозе Agrostis tenuis, Anthoxanthum odoratum, Poa pratensis. За пять лет регулярного скашивания в травостое контрольного участка флористический состав остался прежним, хотя отмечены некоторые изменения в обилии видов.

В результате пятилетнего сенокосного использования луга без внесения удобрений запас надземной фитомассы снизился с 240,7 г/м^2 до 202,6 г/м^2. По данным учета, проведенного в последний год эксперимента в травостое по запасу надземной фитомассы преобладало разнотравье — 72,0%, злаков всего лишь 20%, бобовых 3% (рис. 8, 9). Большую часть фитомассы травостоя слагали манжетка, сныть обыкновенная и купальница европейская.

Внесение азотных удобрений (II вариант — N_{60}) вызвало сильное обеднение травостоя, на пятый год в нем осталось только 29 видов: их число сократилось более, чем в два раза по сравнению с контролем. Коэффициент флористического сходства с контрольным участком в год закладки опыта достигал 92%, на пя-

Таблица 12

Флористический состав луга на пятый год эксперимента (опыт первый)

№	Название вида			
		Контроль (без удобрений)	N_{60}	P_{60}
1	2	3	4	5
	Злаки			
1	Agrostis gigantea	sol.-sp.	sp.-cop.1	sp.
2	A. tenuis	sol.-sp.	sp.	sp.
3	Anthoxanthum odoratum	sol.-sp.	sol.	sp.
4	Calamagrostis arundinacea	sol.	-	sol.
5	Dactylis glomerata	sp.	cop.2	sp.-cop.1
6	Deschampsia caespitosa	sol.	sol.-sp.	sol.
7	*Elytrigia repens	sol.	sp.-cop.1	sol.
8	Festuca pratensis	sol.-sp.	cop.1	sp.
9	F. rubra	sol.	sol.-sp.	sol.
10	Phleum pratense	sol.	sp.-cop.1	sol.
11	Poa pratensis	sol.-sp.	sp.-cop.1	sp.
	Бобовые			
12	Lathyrus pratensis	sol.	sol.	sp.
13	L. vernus	sol.	-	sol.
14	Trifolium medium	sol.-sp.	sol.	sp.-cop.1
15	T. pratense	sol.	-	sp.
16	*T. repens	sp.	-	sp.
17	T. spadiceum	sol.	-	sol.
18	Vicia cracca	sol.-sp.	sol.	sp.
19	V. sepium	sol.-sp.	-	sp.
	Разнотравье			
20	*Achillea millefolium	sol.-sp.	sol.	sol.
21	Aegopodium podagraria	sp.-cop.1	sp.	cop.1
22	Ajuga reptans	sp.	-	sol.
23	Alchemilla murbeckiana	cop.1	sp.	cop.1
24	Angelica sylvestris	sol.	-	-
25	Campanula patula	sol.	-	sol.
26	*Carum carvi	sp.	sol.	sol.-sp
27	Centaurea scabiosa	sol.	-	sol.
28	Cirsium heterophyllum	sp.	sol.	sp.
29	Coronaria flos-cuculi	sol.	-	sol.
30	Dianthus deltoides	sol.	-	sol.
31	Filipendula ulmaria	sol.	sol.	sol.
32	Fragaria vesca	sol.	-	sol.
33	Galium boreale	sol.	sol.	sol.
34	G. erectum	sol.	-	sol.

Обилие по вариантам опыта				
K_{60}	N_{60} P_{60}	N_{60} K_{60}	P_{60} K_{60}	N_{60} P_{60} K_{60}
6	7	8	9	10
sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.	cop.1
sp.	sp.	sp.	sp.	sp.
sp.	sol.	sol.	sp.	sol.
-	-	-	sol.	-
sp.-cop.1	cop.1-2	cop.1-2	cop.1	cop.2
sol.	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.	sol.-sp.
sol.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sol.	sp.-cop.1
sp.	cop.1	cop.1	sp.-cop.1	cop.1
sol.	sol.-sp.	sp.	sol.	sp.
sol.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sol.-sp.	cop.1
sol.-sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.	cop.1
sp.	sol.	sol.	cop.1	sol.
sol.	-	-	sol.	-
cop.1	sol.	sol.	cop.1	sol.
sp.	sol.	sol.	sp.-cop.1	sol.
sp.	sol.	sol.	sp.	sol.
sol.	-	-	sol.	-
sp.	sol.	sol.	sp.-cop.1	sol.
sp.	sol.	sol.	sp.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	cop.1	sp.
sol.	-	-	sol.	-
cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	cop.1	sp.-cop.1
-	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	sol.	-
sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sp.	sp.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sp.	sp.	sol.	sp.	sol.
sol.	-	-	-	-
sol.	-	-	sol.	-
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	sol.	-
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	sol.	sol.

(Продолжение табл. 12)

№	Название вида	Контроль (без удобрений)	N_{60}	P_{60}
1	2	3	4	5
35	G. mollugo	sol.	sol.	sol.
36	G. uliginosum	sol.	-	sol.
37	Geranium pratense	sol.	sol.	sol.-sp
38	G. sylvaticum	sp.	sp.	sp.
39	Hypericum perforatum	sol.	-	sol.
40	Hieracium pratense	sol.	-	sol.
41	Leucanthemum vulgare	sol.-sp.	sol.	sol.-sp
42	*Linaria vulgaris	sol.	-	sol.
43	Myosotis caespitosa	sol.	-	sol.
44	Pimpinella saxifraga	sol.	-	sol.
45	*Plantago media	sol.	sol.	sol.
46	Polemonium coeruleum	sol.	-	sol.
47	Potentilla erecta	sol.	-	sol.
48	P. goldbachii	sol.	-	sol.
49	*Prunella vulgaris	sol.	-	sol.
50	Ranunculus acris	sol.	sol.	sol.
51	Rhinanthus vernalis	sp.	-	sp.
52	*Rumex acetosa	sol.	-	sol.
53	Sanguisorba officinalis	sp.	sol.	sol.
54	Solidago virgaurea	sol.	-	sol.
55	Stellaria graminea	sol.	-	sol.
56	S. holostea	sol.	-	sol.
57	*Taraxacum officinale	sol.	sol.	sol.
58	Thalictrum simplex	sol.	-	sol.
59	Trollius europaeus	sp.-cop.1	sol.	sp.
60	Veronica chamaedrys	sol.	-	sol.
61	Viola canina	sol.	-	sol.
62	V. tricolor	sol.	sol.	sol.
Итого видов:		62	29	61
В том числе синантропных		9	5	9
Индекс синантропизации		14,5	17,2	14,8

Звездочкой (*) отмечены синантропные виды

тый год он снизился до 48, 3%. Произошла смена доминантов: если в первый год преобладало разнотравье, то под влиянием ежегодного внесения азотных удобрений доля его участия как по обилию, так и по числу видов резко сократилась, осталось — 16 видов, тогда как в контроле их было 43 вида. Произошла пере-

Обилие по вариантам опыта				
K_{60}	N_{60} P_{60}	N_{60} K_{60}	P_{60} K_{60}	N_{60} P_{60} K_{60}
6	7	8	9	10
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	-	-
sol.-sp.	sol.	sol.	sp.	sol.-sp.
sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.	sp.-cop.1
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	sol.	-
sol.	-	-	-	-
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	sol.	-
sol.	-	-	sol.	-
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sp.	-	-	sol.-sp.	-
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	sol.	-
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	sol.	-	sol.	-
sp.	sp.	sp.	sp.	sp.
sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
sol.	-	-	sol.	-
sol.	-	-	sol.	-
60	44	43	59	44
9	8	7	9	7
15	18,2	16,3	15,3	15,9

стройка структуры травостоя, затронувшая все жизненно важные аспекты. Изменился таксономический состав: 9 семейств, 25 родов, 29 видов. Выпали из травостоя виды из семейств: бурачниковых, гвоздичных, гречишных, зверобойных, колокольчиковых, норичниковых., яснотковых. По числу родов и видов стало доми-

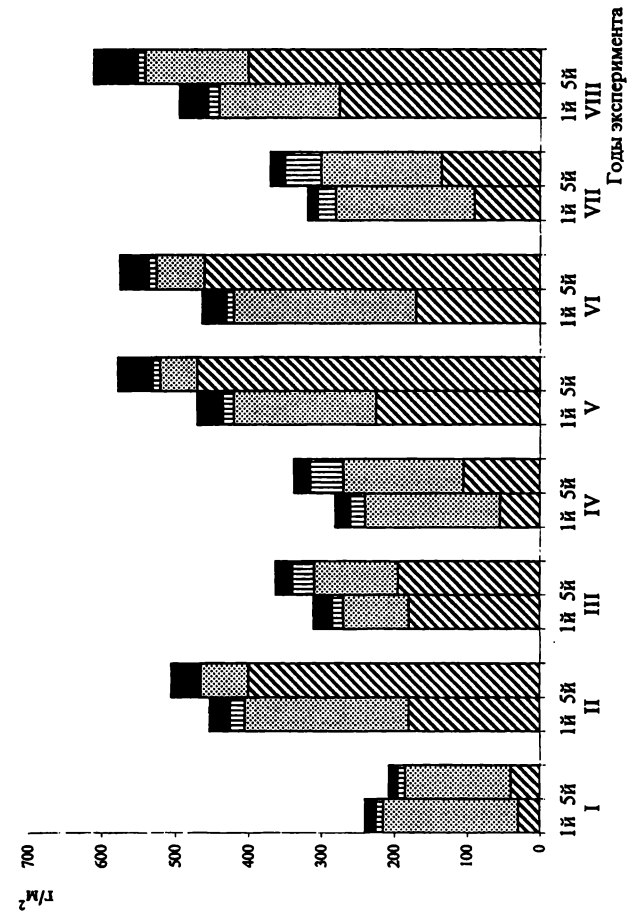


Рис. 8. Изменение продуктивности и агроботанического состава травостоя (г/м²) в ходе первого опыта (первый и пятый годы) I-VIII варианты опыта

1 — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — ветошь.

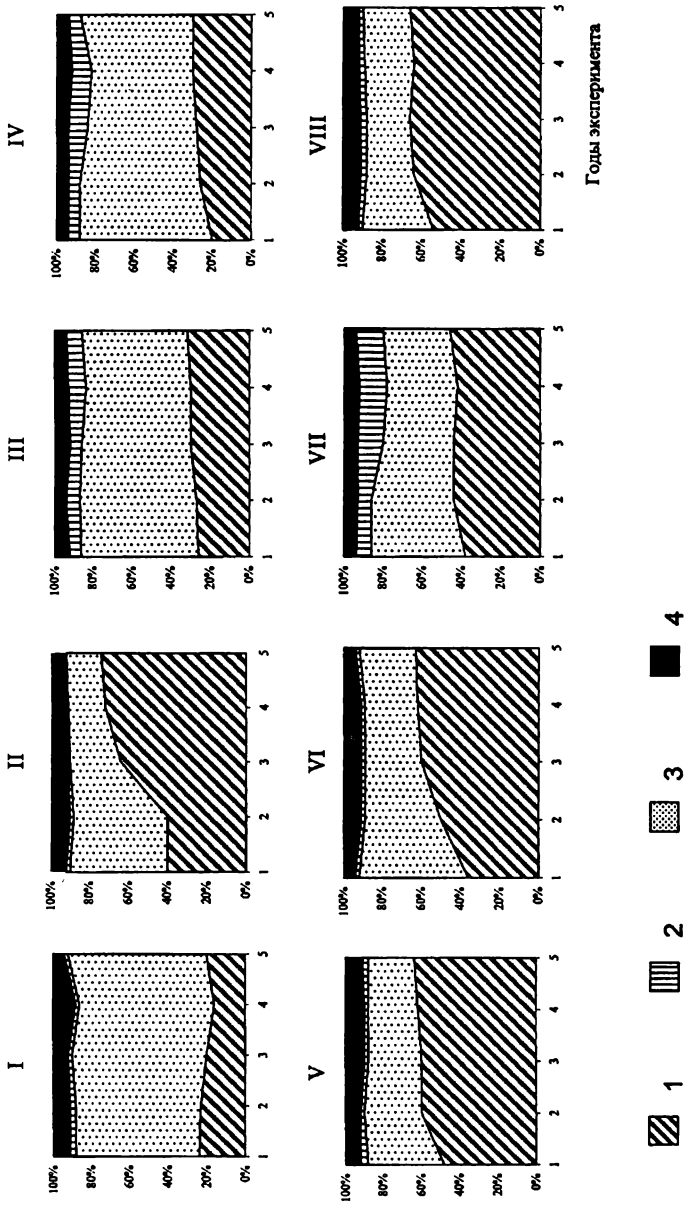


Рис. 9. Изменение соотношения агроботанических групп (%) в травостое по годам в ходе первого опыта.
I-VIII — варианты опыта
1 — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — ветошь.

нировать семейство мятликовых — 8 родов, 10 видов. Осуществилась перегруппировка и в ценотическом спектре: характерно высокое участие в травостое типично луговых растений — 22 вида (75,9% от всего видового состава). Значительно сократилось участие лесных и лугово-лесных видов, выпали из травостоя лугово-болотные и лесостепные. В экологическом спектре преобладают мезофиты — 25 видов (86,2%), незначительна примесь гигромезофитов — 3 вида (10,3%) и мезогигрофитов — 1 вид (3,5%). По типу корневых систем доминируют корневищные: длиннокорневищных — 11 видов (37,9%), короткокорневищных — 5 видов (17,2%), значительно возрос процент растений с рыхлодерновинной корневой системой — 4 вида (13,8%).

В травостое снизилась доля видов, принадлежащих к группе с низкими (9 видов — 31,2%), но значительно возросла доля видов с высокими (12 видов — 41,3%) кормовыми достоинствами.

Господствующая роль в травостое стала принадлежать злакам — Festuca pratensis, Agrostis gigantea, Elytrigia repens, Phleum pratense, но особенно — Dactylis glomerata, занявшей позицию абсолютного доминанта. Формирование плотного, высокорослого травостоя с господством злаков повлекло за собой почти полное подавление бобовых (отмечено лишь единичное присутствие Lathyrus pratensis, Trifolium medium, Vicia cracca) и элиминацию из нижних ярусов Ajuga reptans, Campanula patula, Dianthus deltoides, Potentilla erecta. Исчезли также однолетники и однодвулетники, размножающиеся семенами: Trifolium spadiceum, Rhinanthus vernalis, Viola tricolor. В целом за пять лет из травостоя выпало 33 вида, в том числе большая часть ядовитых (Hypericum perforatum, Hieracium pratense, Stellaria graminea, Linaria vulgaris) и вредных растений (Galium erectum, Myosotis caespitosa, Rhinanthus vernalis); это несомненно способствовало улучшению кормовой ценности травостоя.

После пяти лет внесения азотных удобрений в травостое насчитывается: злаков — 10 видов (34,5%), разнотравья — 16 (55,2%), бобовых — 3 вида (10,3%). Несмотря на то, что по числу видов доминирует разнотравье, по биомассе преобладают злаки — 398,3 г/м^2 (79%) (рис. 8, 9). В том числе на ежу сборную приходится — 222,2 г/м^2, на овсяницу луговую — 79,0 г/м^2 (рис. 10). Биомасса разнотравья снизилась по сравнению с контролем более, чем в два раза — 70,6 г/м^2 (14%); ее в основном слагают: манжетка, сныть обыкновенная и герань лесная.

При внесении фосфорных (III вариант — P_{60}) и калийных (IV вариант — K_{60}) удобрений количественные характеристики (таксономический, ценотический, экологический спектры) существенно не изменились. Коэффициент флористического сходства с контролем очень высок (96,8 — 98,4%).

Что касается качественных изменений, то обращает на себя внимание некоторое, хотя и не очень значительное, увеличение обилия бобовых (Trifolium medium, Trifolium pratense, Lathyrus pratensis, Vicia cracca, Vicia sepium) и злаков (Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Agrostis gigantea)

Соотношение агроботанических групп в сложении надземной фитомассы осталось без существенных изменений. Как и в контроле, в этих двух вариантах по массе доминирует разнотравье 217,9 г/м^2 (60%) — 169,3 (50,1%) соответственно, основные компоненты — манжетка Мурбека, сныть обыкновенная, купальница европейская (рис. 10). Значительно ниже доля участия злаков — 94,4-101,6 г/м^2 (26-30%), преобладающие виды — ежа сборная и овсяница луговая. В этих вариантах отмечено увеличение массы бобовых: 29 г/м^2 (8%) и 47,4 г/м^2 (14%) соответственно.

В вариантах с внесением азотно-фосфорных (V вариант — $N_{60}P_{60}$) и азотнокалийных (VI — вариант N_{60} K_{60}) удобрений в таксономическом спектре число семейств сократилось до 14, родов до 37-35, видов до 44-43 соответственно. Лидирующую позицию занимают мятликовые (8 родов, 10 видов), астровые (7 родов, 7 видов), бобовые (3 рода, 6 видов), розоцветные (4 рода, 4 вида). В экологическом спектре преобладают мезофиты — 74,4-75%, значительно участие гигромезофитов — 15,9-16,3%. Остальные группы выражены слабо. Из ценотических групп доминируют типично луговые виды: 30-28 видов (68,1-65,1%), существенно участие лугово-лесных — 7-8 видов (15,9-18,6%), на долю остальных групп приходится 16—16,3%.

По типу корневых систем первенство в обоих вариантах принадлежит длиннокорневищным — 15 видов (34-35%), довольно много короткокорневищных — 8 видов (18,5%), увеличилась доля рыхлодерновинных и длинностержнекорневых, в сумме они составляют 18,2-18,6%.

Отмечено улучшение кормовых достоинств травостоя: стало меньше видов с низким качеством — 13 видов (29,6-30,2%) и больше видов с высоким качеством травостоя — 15 видов (34,1-34,8%).

За пять лет наблюдений выявлены изменения не только в составе видов, но и в их обилии. Произошла смена доминантов.

Виды из группы разнотравья, которым в контроле принадлежало первенство, утратили свою позицию, резко снизилось обилие Aegopodium podagraria, Alchemilla murbeckiana, Trollius europaeus. В травостое на первый план вышли злаки — Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Agrostis gigantea, Phleum pratense, Poa pratensis. Существенно снизился коэффициент флористического сходства с контролем: соответственно — 71% и 69,4%.

На завершающем этапе эксперимента в этих двух вариантах в травостое присутствуют соответственно 44-43 вида, из них 10 злаков (22,7-23,2%), бобовых 6 (13,6-14%), разнотравья 28-27 видов (63,6-62,8%).

Надземная биомасса злаков составляет 369,5-359 г/м^2 (64-63%), основные компоненты — ежа сборная и овсяница луговая. Масса разнотравья 150,1-165,2 г/м^2 (26-28,9%). Участие бобовых незначительно.

Внесение фосфорно-калийных удобрений (VII вариант — P_{60} K_{60}) не повлекло за собой изменения таксономического спектра травостоя. Коэффициент флористического сходства с контрольным вариантом остался высоким (95,2%).

Из экологических групп в травостое на первый план выступают мезофиты — 46 видов (78%), далее следуют гигромезофиты — 9 видов (15,3%), другие группы играют второстепенную роль. В ценотическом спектре преобладают луговые виды (31 вид, 52,5%), за ними идут луговолесные (15 видов, 25,4%) и лесные (9 видов, 15,3%); остальная часть приходится на долю болотных, лугово-болотных и лесостепных групп.

По типу корневых систем преобладают длиннокорневищные (22 вида, 37,3%), короткокорневищные (10 видов, 16,8%), короткостержнекорневые и кистекорневые (по 7 видов, 11,9%).

Хотя число видов в травостое осталось таким же, как и в контрольном варианте, по сравнению с ним несколько увеличилось обилие бобовых (Trifolium medium, Lathyrus pratensis, Trifolium pratense, Vicia cracca) и ценных кормовых злаков (Dactylis glomerata, Festuca pratensis). Однако смены доминантов не произошло. В фитомассе травостоя, как и в контрольном варианте, преобладает разнотравье — 162,8 г/м^2 (44%); основные компоненты: манжетка Мурбека, сныть обыкновенная, купальница европейская. Биомасса злаков — 133,1г/м^2 (36%), ее в основном слагают ежа сборная и овсяница луговая. Участие бобовых в сложении надземной фитомассы самое высокое по сравнению с другими вариантами- 51,8 г/м^2 (14%).

Вариант с внесением полного минерального удобрения (VIII вариант — N_{60} P_{60} K_{60}) дал следующие результаты. К концу периода эксперимента сохранилось достаточно высокое видовое разнообразие: в травостое зарегистрировано 44 вида растений, относящихся к 14 семействам, 36 родам. Коэффициент флористического сходства с контрольным участком равен 71%. В таксономическом спектре представлены семейства мятликовых (8 родов и 10 видов), астровых (7 родов и 7 видов), сельдерейных и розоцветных (по 4 рода и 4 вида). Из травостоя выпали представители семейства бурачниковых, колокольчиковых, фиалковых и яснотковых.

В экологическом спектре преобладают мезофиты (33 вида, 75%), гигромезофиты (7 видов, 15,9%), меньше ксеромезофитов (3 вида, 6,8%) и мезогигрофитов (1 вид, 2,3%). Среди ценотических групп доминируют луговые (29 видов, 65,9%), значительно снизилось присутствие лесных (4 вида, 9,1%) и лугово-лесных (8 видов, 18,1%).

Травостой стал преимущественно злаковым полидоминантным; важнейшие его компоненты — Dactylis glomerata, Agrostis gigantea, Elytrigia repens, Festuca pratensis, Phleum pratense, Poa pratensis. Хотя разнотравье представлено довольно большим числом видов, роль его в сложении травостоя уменьшилась.

Соотношение агроботанических групп в травостое таково: злаков — 10 видов (22,7%), разнотравья — 28 видов (63,7%), бобовых — 6 видов (13,6%). Основу надземной фитомассы создают злаки — 398,9 г/м^2 (66%), преобладающие компоненты — ежа сборная и овсяница луговая. Биомасса видов из группы разнотравья равна 139,2 г/м^2 (23%), в ее состав наибольший вклад вносят манжетка Мурбека, сныть обыкновенная, герань лесная и купальница европейская.

3.2.2. Реакция различных видов луговых растений на минеральные удобрения

Ежа сборная оказалась наиболее отзывчивым на удобрения видом (рис. 10). Максимальная ее биомасса отмечена в варианте с полным минеральным удобрением (N_{60} P_{60} K_{60}); на пятый год исследований запас биомассы возрос по сравнению с контролем в 12 раз и достиг 247 г/м^2. Все виды удобрений вызвали увеличение числа как вегетативных, так и генеративных побегов; особенно заметно увеличилось число побегов в вариантах N_{60} P_{60} и N_{60} P_{60} K_{60}. Существенно возросла высота побегов и их мощ-

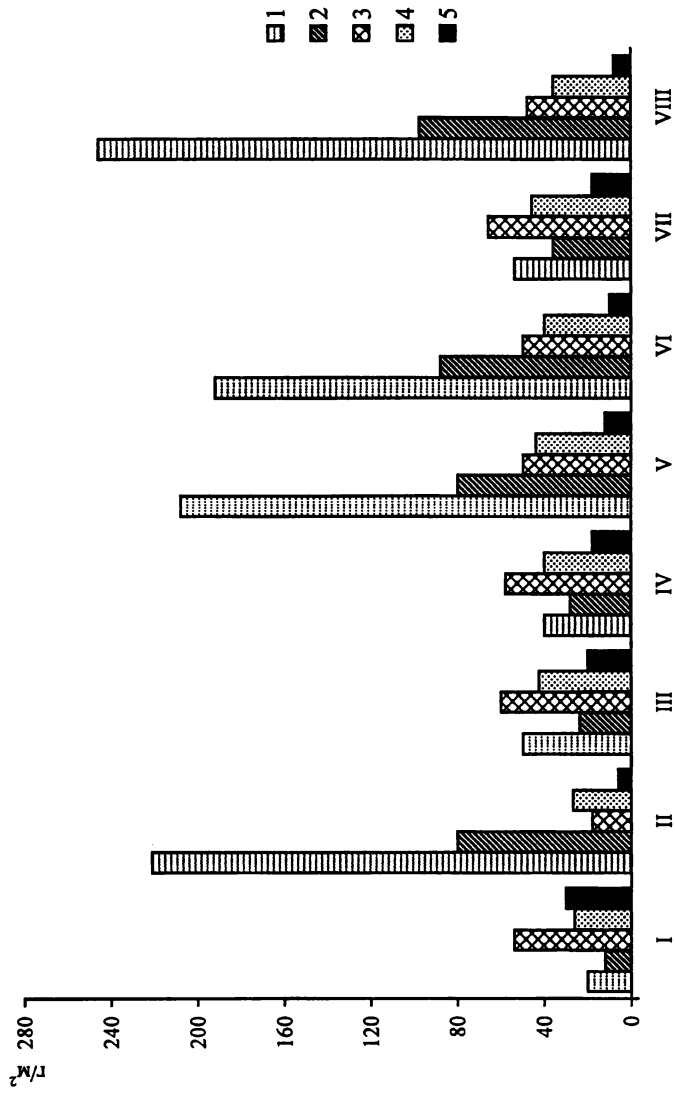


Рис. 10. Надземная биомасса (г/м²) преобладающих видов растений в конце первого опыта (5-й год).
I-VIII — варианты опыта
1 — Dactylis glomerata, *2* — Festuca pratensis, *3* — Alchemilla murbeckiana, *4* — Aegopodium podagraria, *5* — Trollius europaeus.

ность: если масса вегетативного побега в контроле равна 0,29 г, то в вариантах с азотом она достигла 0,55-0,6 г. Масса генеративных побегов возросла особенно резко (в контроле 0,47-0,49 г, в варианте NPK — 1,35 г). Увеличилось число кустов на 1 $м^2$: в контроле их было 1-3, в вариантах с азотом 10-12. Во всех вариантах опыта ежа сохранила доминирующую позицию среди злаков.

На овсяницу луговую положительное влияние оказали все виды удобрений, но особенно эффективным оказалось внесение азотного (N_{60}) и полного минерального удобрения (N_{60} $P_{60}K_{60}$); при этом продуктивность возросла в 7,5 раза по сравнению с контролем. Фосфор и калий (как раздельно, так и при совместном внесении) не оказали столь существенного влияния: биомасса увеличилась лишь в 1,8-2,1 раза.

В меньшей степени, чем другие злаки, реагировали на удобрения душистый колосок и полевица тонкая.

В целом участие злаков по массе в фитоценозе значительно увеличивалось во всех вариантах с азотом, достигая максимума при внесении полного минерального удобрения. В последнем случае продуктивность злаков по сравнению с контролем возросла в 9,8 раза. Можно установить следующий ряд по отзывчивости злаков на NPK: ежа сборная (увеличение биомассы в 12,2 раза), овсяница луговая (7,5 раз), тимофеевка луговая и пырей ползучий (5,8 раз), полевица тонкая (1,2 раза).

Виды из группы бобовых положительно реагировали на внесение фосфора и калия, биомасса их возросла в 4,8-7,8 раза соответственно. Особенно благотворное воздействие оказало совместное внесение фосфорных и калийных удобрений, при этом биомасса бобовых увеличилась в 8,5 раз. В вариантах с внесением азотных удобрений отмечено полное подавление бобовых.

Реакция разнотравья на внесение минеральных удобрений выражена не столь четко как у злаков (рис. 9). Суммарная биомасса этих растений незначительно колебалась от варианта к варианту и только азотные удобрения резко ее снизили: в контроле — 145,9 г/$м^2$ (72%), в варианте — N_{60} — 70г/$м^2$ (14%).

На основе пятилетнего эксперимента изученные растения, в зависимости от их реакции на азотные удобрения, могут быть разделены на следующие группы:

1) положительно реагирующие — виды, продуктивность которых увеличилась более, чем в 3 раза (Dactylis glomerata, Elytrigia repens, Festuca pratensis, Phleum pratense);

2) индифферентные — виды, продуктивность которых по сравнению с контролем почти не изменяется (Achillea millefolium, Centaurea scabiosa, Cirsium heterophyllum, Sanguisorba officinalis);

3) отрицательно реагирующие — виды, существенно снижающие биомассу по сравнению с исходным фитоценозом или полностью выпадающие из него (Stellaria holostea, Trifolium spadiceum, Trollius europaeus, Viola tricolor и др.)

Фосфорные и калийные удобрения (варианты P_{60}; K_{60} и $P_{60}K_{60}$) не оказали существенного влияния на видовой состав и структуру фитоценоза.

Итак, в результате лучшей обеспеченности растений элементами питания и особенно азотом (варианты: N_{60}; N_{60} P_{60}; N_{60} K_{60}; N_{60} $P_{60}K_{60}$) в луговом травостое начинают преобладать виды с более высокой конкурентоспособностью (Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Phleum pratense). Их мощная разветвленная корневая система, расположенная в приповерхностном горизонте почвы (0-10 см), дает возможность активно поглощать питательные вещества, вносимые с удобрениями. Значительное опережение злаков в росте и развитии по сравнению с бобовыми и разнотравьем приводит к перестройке фитоценоза, заканчивающейся образованием качественно нового разнотравно-крупнозлакового сообщества с доминированием ежи сборной.

Внесение полного минерального удобрения оказывает более щадящее влияние на травостой, в нем сохраняется достаточно высокое видовое разнообразие. При этом доминирование злаков не вызывает полного подавления разнотравья, представители которого, хотя и с меньшими показателями обилия, остаются в составе травостоя.

3.2.3. Изменение вертикального распределения надземной и подземной фитомассы

Надземная фитомасса. Травостой контрольного участка невысокий (50-60 см), средней густоты, слабо расчленен на подъярусы. Проективное покрытие 85-90%. Большая часть надземной фитомассы (85%) сосредоточена в приземном (0-30 см) горизонте. В горизонте до высоты скашивания (0-7 см) располагается 26% надземной фитомассы. Доля фитомассы, находящейся выше 50 см, не превышает 1,5%. В целом для травостоя контрольного участка характерен укороченный вертикальный профиль (рис. 11).

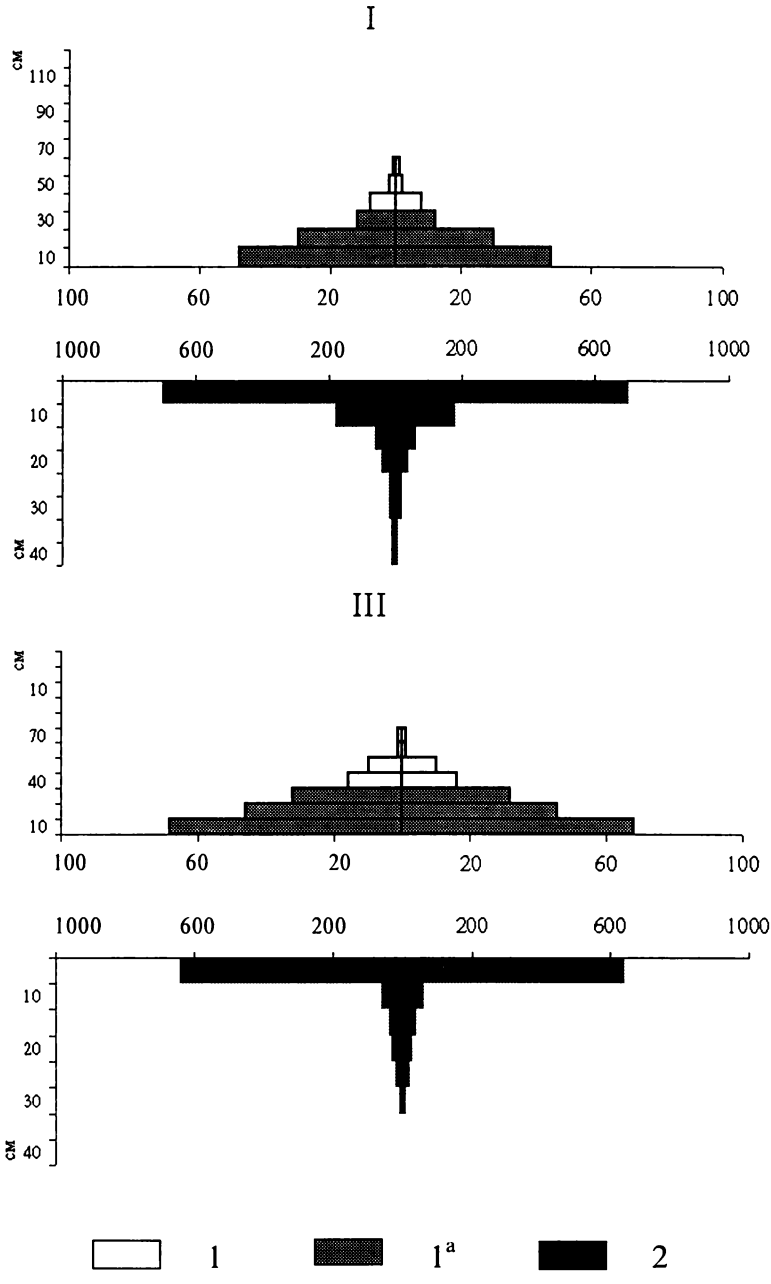
Структура распределения надземной фитомассы по высоте находится в тесной зависимости от вида вносимых удобрений. При

внесении фосфорных и калийных удобрений (варианты P_{60}; K_{60}; $P_{60}K_{60}$) не наблюдается существенного изменения в распределении фитомассы по вертикальному профилю. Масса травостоя, расположенная ниже уровня скашивания, достаточно велика и составляет 22,7-23,4%. Максимальное количество надземной фитомассы (85%) сосредоточено в горизонте 0-30 см, выше 50 см расположено 1,2-1,6% фитомассы.

Наиболее радикальные изменения в стратификации фитомассы происходят под влиянием внесения только азота (N_{60}) и при внесении азота в сочетании с фосфором и калием (варианты: N_{60} P_{60}; N_{60} K_{60}; N_{60} $P_{60}K_{60}$). Это приводит к смене доминантов в травостое, возникает совершенно другой тип распределения фитомассы по высоте. Травостой становится сомкнутым, высокорослым, растения более развитыми, увеличивается индекс листовой поверхности.

Обращает на себя внимание более равномерное распределение фитомассы по вертикальному профилю. В горизонте 0-7 см сосредоточено 13,4-15,9% фитомассы, значительно возрастает общая высота растений, отдельные генеративные побеги ежи сборной достигают 120-130 см (варианты N_{60} P_{60}; N_{60} $P_{60}K_{60}$); основная часть фитомассы (85%) сконцентрирована в горизонте 0-50 см (рис. 11). При этом вертикальный профиль травостоя увеличивается вдвое по сравнению с исходным сообществом.

В структуре лугового травостоя, сформировавшегося под влиянием удобрений (в вариантах опыта, где получены лучшие результаты), четко выделяются три подъяруса: первый (высотой до 120 см) образуют генеративные побеги злаков (Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Phleum pratense) с небольшой примесью соцветий некоторых растений из группы разнотравья (Filipendula ulmaria, Sanguisorba officinalis). Этот подъярус изрежен, в нем сосредоточено лишь от 10,2 до 15% фитомассы. Во втором подъярусе (высотой до 80см) располагаются надземные органы как злаков, так и большинства представителей разнотравья (Aegopodium podagraria, Alchemilla murbeckiana, Cirsium heterophyllum, Solidago virgaurea, Ranunculus acris и др.). Здесь сконцентрирована самая активная часть фитомассы растений (листовой аппарат), выполняющая основную ассимиляционную функцию в фитоценозе. Этот подъярус отличается высокой плотностью, в нем сосредоточено от 45% (вариант — N_{60}) до 53% (вариант — $N_{60}P_{60}K_{60}$) всей фитомассы. Третий подъярус (высотой до 20 см) образуют низкорослые растения в основном из группы разнотравья (Galium boreale, G. album, Plantago media, Potentilla erecta, Veronica


I
см
110
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100
1000
600
200
200
600
1000
10
20
30
см
40
III
см
10
70
40
10
100
60
20
20
60
100
1000
600
200
200
600
1000
10
20
30
см
40
1
1а
2

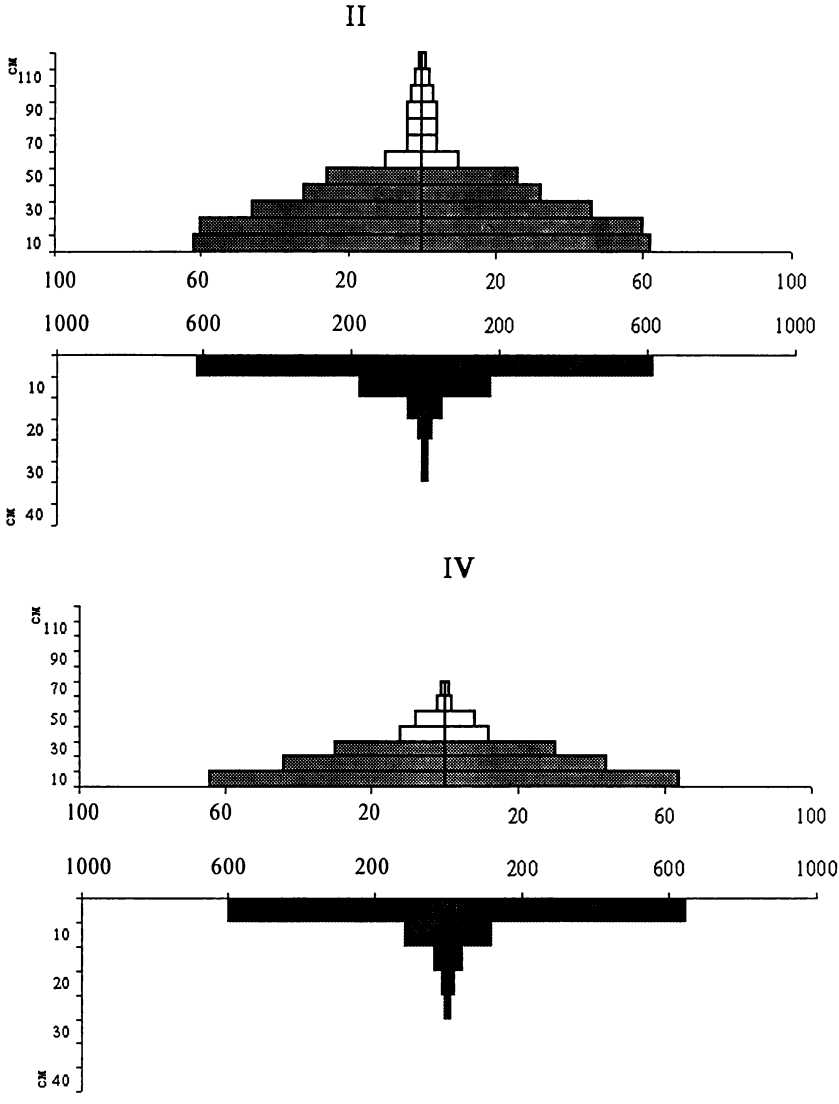
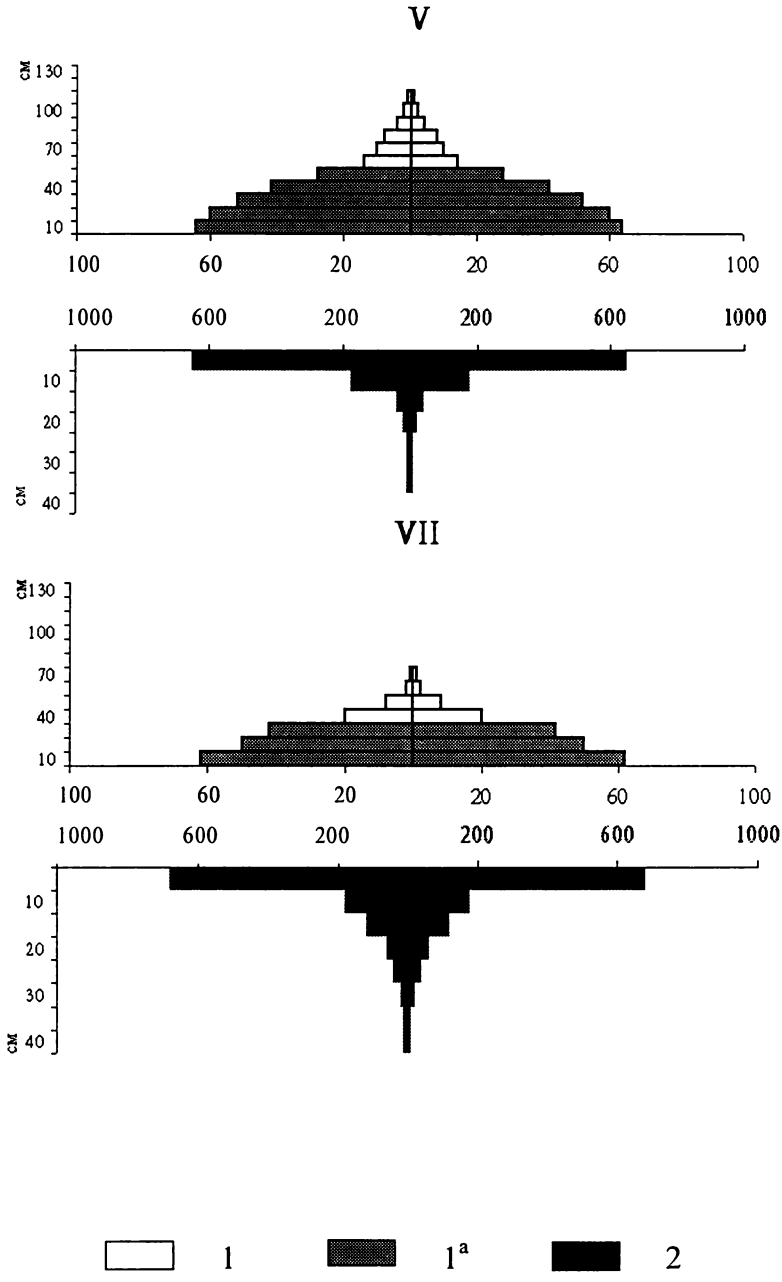


Рис 11. Послойное распределение надземной и подземной фитомассы (г/м²) в конце первого опыта (5-й год)
I-VIII — варианты опыта. Фитомасса:
1 и *1а* — надземная; *1а* — в том числе основная ее часть (85%);
2 — подземная


V
см 130
100
70
40
10
100 60 20 20 60 100
1000 600 200 200 600 1000
10
20
30
см 40
VII
см 130
100
70
40
10
100 60 20 20 60 100
1000 600 200 200 600 1000
10
20
30
см 40
1
1а
2

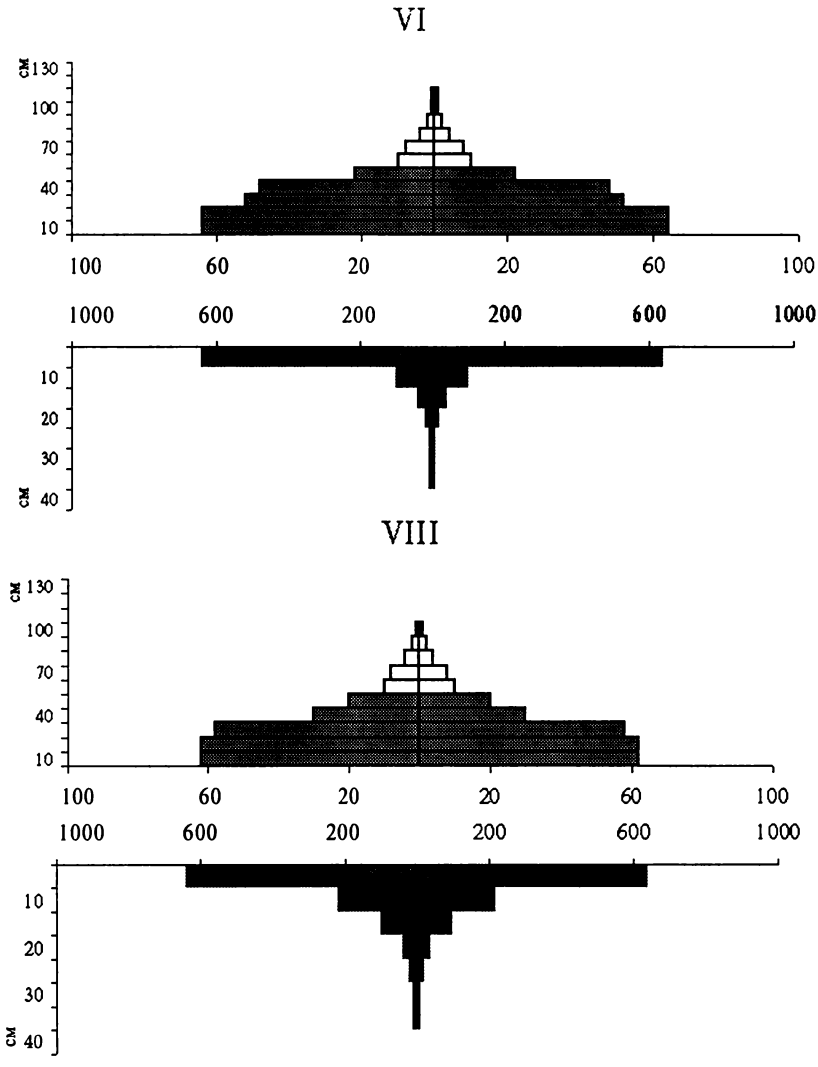


Рис 11. (Продолжение)

chamaedrys) и вегетативные побеги низовых злаков (Agrostis tenuis, Anthoxanthum odoratum, Festuca rubra, Poa pratensis). В этом подъярусе содержится от 41% (вариант — $N_{60}P_{60}K_{60}$) до 48% (вариант — N_{60}) всей надземной фитомассы.

Подземная фитомасса. Внесение удобрений отражается и на вертикальном распределении подземной фитомассы. В исходном луговом сообществе (контрольный вариант, без удобрений) наиболее значительная часть подземных органов растений (1300 г/м^2, 82,4%) сосредоточена в приповерхностном горизонте почвы (0-5см); общий запас подземной фитомассы равен 1576г/м^2. Внесение удобрений повлекло за собой увеличение общей массы подземных органов растений (до 2060 и 2040г/м^2 в вариантах с $P_{60}K_{60}$ и $N_{60}P_{60}K_{60}$). При этом содержание корней в приповерхностном горизонте осталось на прежнем уровне или возросло незначительно (до 1360 — 1380г/м^2 в вариантах с P_{60} и $P_{60}K_{60}$), а увеличение произошло, главным образом, за счет углубления ризосферы, более равномерного распределения корневых систем по горизонтам. Наибольший эффект был достигнут в варианте с полным минеральным удобрением ($N_{60}P_{60}K_{60}$), когда в нижележащем горизонте 5-10 см содержится уже 22,5% подземной фитомассы, в то время как в контроле — лишь 9,3%.

3.2.4.Изменение продуктивности

Биологическая продуктивность в надземной части фитоценоза находится в строгой зависимости от азотных удобрений и сочетания азота с другими макроэлементами (табл. 13). При внесении только азота (II вариант — N_{60}) запас надземной фитомассы равен 504,2 г/м^2, в том числе на долю живой массы приходится 468,9 г/м^2. Добавление к азоту фосфорных (V вариант — N_{60} P_{60}) и калийных (VI вариант — N_{60} K_{60}) удобрений влечет за собой еще большее увеличение надземной фитомассы; она достигла на пятый год 577,4г/м^2 и 569,8г/м^2 соответственно. Как при раздельном так и при совместном внесении фосфора и калия (варианты: III, IV, и VII) запас надземной фитомассы колеблется от 338,6 до 369,9г/м^2. Самая высокая продуктивность получена при внесении полного минерального удобрения (VIII вариант — N_{60} $P_{60}K_{60}$), она достигла 604,4 г/м^2 (то есть в три раза выше, чем на контрольном неудобряемом участке).

При комплексном внесении азотно-фосфорно-калийных удобрений (VIII вариант) достигнута также и максимальная общая биологическая продуктивность (2644,4 г/м^2). Однако это про-

Таблица 13

Изменение биологической продуктивности

№	Вариант опыта	Запас фитомассы, г/м²					Отношение надземной фитомассы к подземной
		надземной			подземной	общей	
		живой	мертвой (ветошь)	всего			
I	Контроль (б/у)	192,5	10,1	202,6	1576	1778,6	1:7,8
II	N_{60}	468,9	35,3	504,2	1604	2108,2	1:3,2
III	P_{60}	341,3	21,8	363,1	2000	2363,1	1:5,5
IV	K_{60}	318,3	20,3	338,6	1786	2124,6	1:5,3
V	N_{60} P_{60}	525,4	52	577,4	1780	2357,4	1:3,1
VI	N_{60} K_{60}	529,9	39,9	569,8	1620	2189,8	1:2,8
VII	P_{60} K_{60}	347,7	22,2	369,9	2060	2429,9	1:5,6
VIII	N_{60} P_{60} K_{60}	543,9	60,5	604,4	2040	2644,4	1:3,4

изошло, главным образом, за счет увеличения запаса надземной фитомассы, тогда как запас подземной фитомассы возрос незначительно. Это объясняется тем, что при повышенном уровне минерального питания с обязательным включением азота функция извлечения из почвы минеральных солей успешно осуществляется и при меньшей массе подземных органов растений. Это наглядно иллюстрируется индексом отношения надземной фитомассы к подземной: на неудобряемом участке этот показатель равен 1:7,8, тогда как в вариантах N_{60} K_{60} и N_{60} $P_{60}K_{60}$ — 1:2,8 и 1:3,4 соответственно.

Наряду с биологической продуктивностью, с хозяйственной точки зрения представляет интерес и другой показатель — урожайность. В этом случае имеется в виду та часть надземной фитомассы, которая извлекается из травостоя при скашивании (то есть, за вычетом приземной части в горизонте от 0 до 7см).

Изменения урожайности под влиянием удобрений были прослежены во всех вариантах опыта (рис. 12). В контрольном варианте, где удобрения не вносились, урожайность была самой низкой, она колебалась по годам от 1,5 до 1,76 т/га. При раздельном внесении только одного из макроэлементов (N, P, K) более эффективным оказались азотные удобрения (N_{60}). При этом существенное увеличение урожайности было достигнуто уже на третий год эксперимента, а самый высокий урожай — 4,28 т/га был получен на пятый год; прибавка по сравнению с контролем составила 2,78 т/га, т.е. 185%. В результате такого воздействия сформировался в

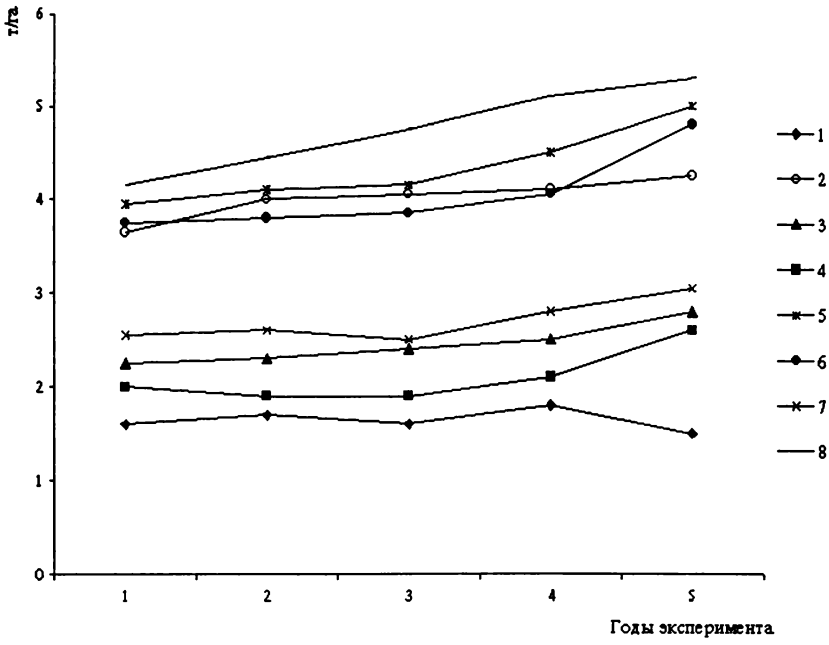


Рис. 12. Погодичная динамика урожайности (т/га) в ходе первого опыта. I-VIII — варианты опыта

основном злаковый травостой, состоящий из таких ценных в кормовом отношении растений, как ежа сборная и овсяница луговая.

Фосфорные (III вариант — P_{60}) и калийные (IV вариант — K_{60}) удобрения дали положительные, хотя и не столь впечатляющие результаты, прибавка урожайности на пятый год составила 85,3% и 74,7% — соответственно. Однако при их внесении возросла биомасса видов из группы бобовых (клевер средний, клевер луговой, чина луговая).

Эффективность парного внесения удобрений зависела от включения азота. Так в варианте с фосфорно-калийными удобрениями (VII вариант — $P_{60}K_{60}$) урожайность по годам колебалась от 2,49 до 3,02 т/га. Максимальная урожайность (3,02 т/га) была получена на пятый год; прибавка урожая составила — 1,52 т/га (101%). В этом варианте отмечена самая высокая доля бобовых в формировании урожая: на пятый год — 0,52 т/га или 14% от всей фитомассы.

Применение азотных удобрений в сочетании с фосфорными (V вариант — $N_{60}P_{60}$) и калийными (VI вариант — $N_{60}K_{60}$) оказалось более эффективным, чем фосфорно-калийных; урожайность по годам колебалась в пределах от 3,77 т/га до 5 т/га. В первые три года прибавки урожайности практически не наблюдалось, и только на четвертый, и особенно на пятый год отмечен заметный ее рост.

Наиболее эффективно, как показали опыты, внесение полного минерального удобрения (VIII вариант — $N_{60}P_{60}K_{60}$). В этом случае была получена самая высокая урожайность в течение всего периода эксперимента, с максимумом на пятый год, когда она составила 5,3 т/га (прибавка урожая по сравнению с контролем 3,8 т/га — 253%).

Повышение урожайности во всех вариантах, где вносили азот (N_{60}; $N_{60}P_{60}$; $N_{60}K_{60}$; $N_{60}P_{60}K_{60}$), произошло, главным образом, за счет злаков — ежи сборной, овсяницы луговой, тимофеевки луговой, что привело к повышению кормовых достоинств травостоя.

3.2.5. Общие замечания

Под потенциальной продуктивностью мы понимаем такое состояние лугового биогеоценоза, при котором сохраняется его исторически сложившееся флористическое богатство, формируется структура, наиболее соответствующая местным природным условиям; за счет более совершенной вертикальной дифференциации травостоя и корневых систем полнее используются ресурсы местообитания, более эффективно реализуются механизмы самоподдержания лугового сообщества, обеспечивающие продуктивное долголетие и защиту от внедрения сорных растений.

Результаты проведенных экспериментов показали, что путем внесения полного в умеренных дозах минерального удобрения (NPK) можно в течение 3-5 лет увеличить биологическую продуктивность истощенных суходольных лугов послелесного происхождения в 2,5-3 раза, доведя ее до уровня потенциальной. При этом сводится до минимума замоховелость, улучшается качественный состав травостоя за счет возрастания доли ценных в кормовом отношении верховых и полуверховых злаков. Активизация кущения, увеличение численности и мощности побегов злаков приводит к формированию высокорослого травостоя с более равномерным распределением надземной фитомассы по вертикальному профилю, в связи с чем уменьшаются потери урожая при скашивании.

3.3. Опыт второй — влияние различных доз азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне

3.3.1. Изменение флористического и агроботанического состава травостоя

На контрольном участке (I вариант без удобрений) за пятилетний период число видов сохранилось на прежнем уровне (50), ни один из них не выпал из травостоя, как не было отмечено внедрения и других видов (табл.14). Однако в сообществе произошли качественные изменения: в результате ежегодного скашивания уменьшилось обилие доминирующего вида — Trollius europaeus, травостой стал полидоминантным, в нем среди разнотравья приблизительно в равном соотношении представлены Alchemilla murbeckiana, Cirsium heterophyllum и Trollius europaeus. Произошло лишь несущественное уменьшение запаса надземной фитомассы. В травостое контрольного участка на долю разнотравья приходится — 143,6 г/м^2, что составляет 70% от всей надземной фитомассы. Основную фитомассу образуют доминирующие виды разнотравья. Участие злаков в сложении фитомассы незначительное, бобовых — еще меньше.

После пятилетнего внесения фоновых фосфорно-калийных удобрений (II вариант — P_{60} K_{60}) в травостое зарегистрировано 48 видов; некоторые виды внедрились в состав травостоя, другие — выпали из его состава. Коэффициент флористического сходства с контрольным участком 81%. Отмечена положительная реакция некоторых растений, относящихся к разным агроботаническим группам, на внесение удобрений. Так, в группе злаков значительно возросло обилие Agrostis gigantea, A. tenuis, Festuca pratensis, менее существенно — Dactylis glomerata. Доля злаков на пятый год исследования увеличилась по сравнению с контролем в 2,5 раза и составила 110,6 г/м^2 — 30,6% (рис. 13, 14).

Сильные изменения произошли в составе бобовых. Возросли показатели обилия большинства растений из этой группы, особенно — Trifolium medium, T. pratense, Lathyrus pratensis, Vicia cracca. Масса бобовых возросла в 10 раз по сравнению с контролем и достигла — 66г/м^2, т.е. 18,2% от всей надземной фитомассы, полученной в этом варианте.

В составе разнотравья также произошли изменения, хотя и не столь существенные: отмечено увеличение обилия Alchemilla murbeckiana, Galium boreale и Hypericum maculatum.

При внесении небольших доз азота на фосфорно-калийном фоне (III вариант — N_{30} P_{60} K_{60}) фитоценоз сохранил высокий

Таблица 14

Флористический состав луга на пятый год эксперимента (опыт второй)

№	Название вида	Обилие по вариантам опыта					
		Контроль (без удобрений)	P_{60} K_{60}	$N_{30}P_{60}$ K_{60}	$N_{60}P_{60}$ K_{60}	$N_{90}P_{60}$ K_{60}	$N_{120}P_{60}$ K_{60}
1	2	3	4	5	6	7	8
	Злаки						
1	Agrostis gigantea	sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	cop.1	cop.1	cop.1
2	A. tenuis	sp.-cop.1	cop.1	cop.1	cop.1	cop.1	cop.1
3	Anthoxanthum odoratum	sp.	sp.	sp.	sol.	sol.	sol.
4	Dactylis glomerata	sol.	sp.	sol.-sp.	sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1
5	Deschampsia caespitosa	sol.	sp.	sp.	sp.	sol.-sp.	sol.-sp.
6	*Elytrigia repens	sol.-sp.	-	-	sp.	sp.	sp.-cop.1
7	Festuca pratensis	sp.	sp.-cop.1	cop.1-2	cop.2	cop.2	cop.2
8	F. rubra	sol.	sp.	sol.	sp.	sp.	sp.
9	Phleum pratense	-	-	sol.	sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1
10	Poa pratensis	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	cop.1	cop.1	cop.1
	Бобовые						
11	Lathyrus pratensis	sol.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sol.	sol.	sol.
12	L. vernus	sol.	sol.	sol.	-	-	-
13	Trifolium medium	sp.	cop.1	cop.1	sol.-sp.	sol.	-
14	T. pratense	sol.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sol.	-	-
15	*T. repens	sol.	sp.	sol.-sp.	sol.	-	-

(Продолжение табл. 14)

1	2	3	4	5	6	7	8
16	T. spadiceum	sol.	sol.	-	-	-	-
17	Vicia cracca	sol.-sp.	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sol.	sol.	-
18	V. sepium	sol.	sp.	sp.	sol.	-	-
	Разнотравье						
19	*Achillea millefolium	sol. -sp.	sol.	sol.-sp.	sol.	sol.	sol.-sp.
20	Aegopodium podagraria	sol.	sol.	sp.	sp.	sp.	sp.
21	Ajuga reptans	sol.	sol.	sol.	-	-	-
22	Alchemilla murbeckiana	cop.1	cop.1-2	cop.1	cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1
23	*A. tubulosa	sp.	-	sol.	-	-	-
24	Angelica officinalis	-	sp.	-	sp.	-	-
25	Asarum europaeum	sol.	sol.	-	-	-	-
26	Betonica officinalis	-	sol.	sol.	-	-	-
27	Campanula patula	sol.	sol.	sol.	sol.	-	-
28	*Cerastium holosteoides	sol.	sol.	sol.	-	-	-
29	Cirsium heterophyllum	cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.	sp.
30	Coronaria flos-cuculi	sol.	-	sol.	-	-	-
31	Dianthus deltoides	sol.	-	sol.	sol.	-	-
32	Filipendula ulmaria	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
33	Galium boreale	sol.	sp.	sp.	sol.-sp.	sol.-sp.	sol.
34	G. mollugo	-	sol.	sol.-sp.-	-	-	-
35	G. uliginosum	-	sol.	-	-	-	-
36	Geranium sylvaticum	sp.	sp.	sp.	sol.-sp.	sp.	sp.

1	2	3	4	5	6	7	8
37	Hieracium pratense	sol.	sol.	sol.	sol.	-	-
38	Hypericum maculatum	sol.	sp.	sol.	sol.	sol.	sol.
39	Leucanthemum vulgare	sol.	sp.	sol.	sol.	sol.	sol.
40	Melampyrum pratense	sol.	sol.	sol.	-	-	-
41	Polemonium coeruleum	sol.	-	-	-	-	-
42	Potentilla erecta	sol.	sol.	sol.	sp.	sol.	sol.
43	*Prunella vulgaris	sol.	sol.	sol.	sol.	-	-
44	Ranunculus acris	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
45	Rhinanthus vernalis	sol.	sol.	sol.	-	-	-
46	*Rumex acetosa	sol.	-	sol.	-	-	-
47	Solidago virgaurea	sol.	sol.	sol.	-	-	-
48	Stellaria graminea	sol.	sol.	-	sol.	sol.	-
49	Succisa pratensis	sol.	sol.	sol.	sol.	-	-
50	Thalictrum simplex	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	-
51	Trollius europaeus	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.	sp.
52	*Veratrum lobelianum	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.	sol.
53	Veronica chamaedrys	sol.-sp.	sol.	sol.-sp.	sol.	sol.	sol.
54	Viola canina	sol.	sol.	sol.	sol.	-	-
55	V. mirabilis	sol.	sol.	-	-	-	-
	Итого видов	50	48	47	39	29	25
В том числе синантропных		8	5	7	5	3	3
Индекс синантропизации		16	10,4	14,9	12,8	10,3	12

Звездочкой (*) отмечены синантропные виды

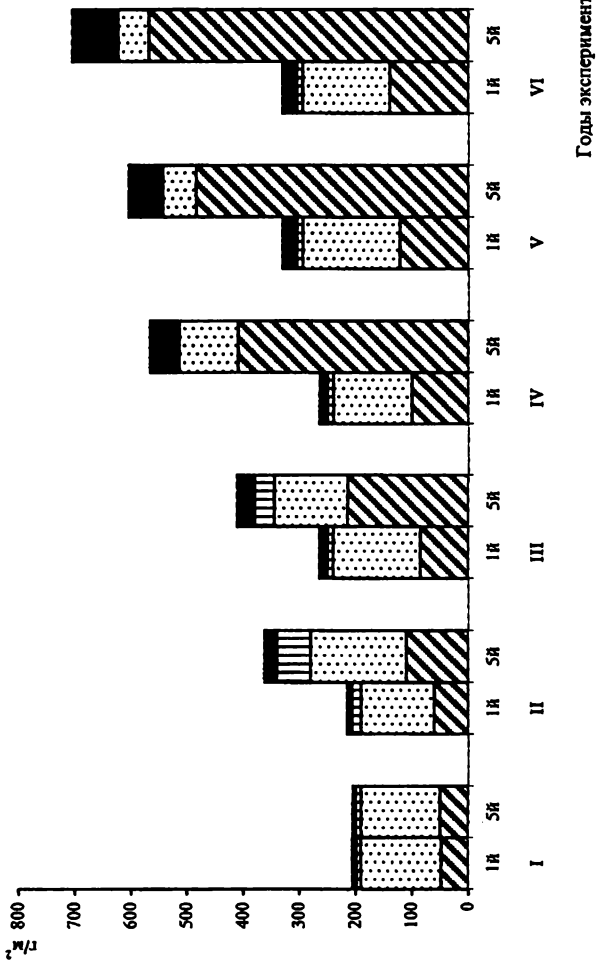


Рис. 13. Изменение продуктивности и агроботанического состава травостоя (г/м²) в ходе второго опыта (первый и пятый годы). I-VI варианты опыта

1 — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — ветошь

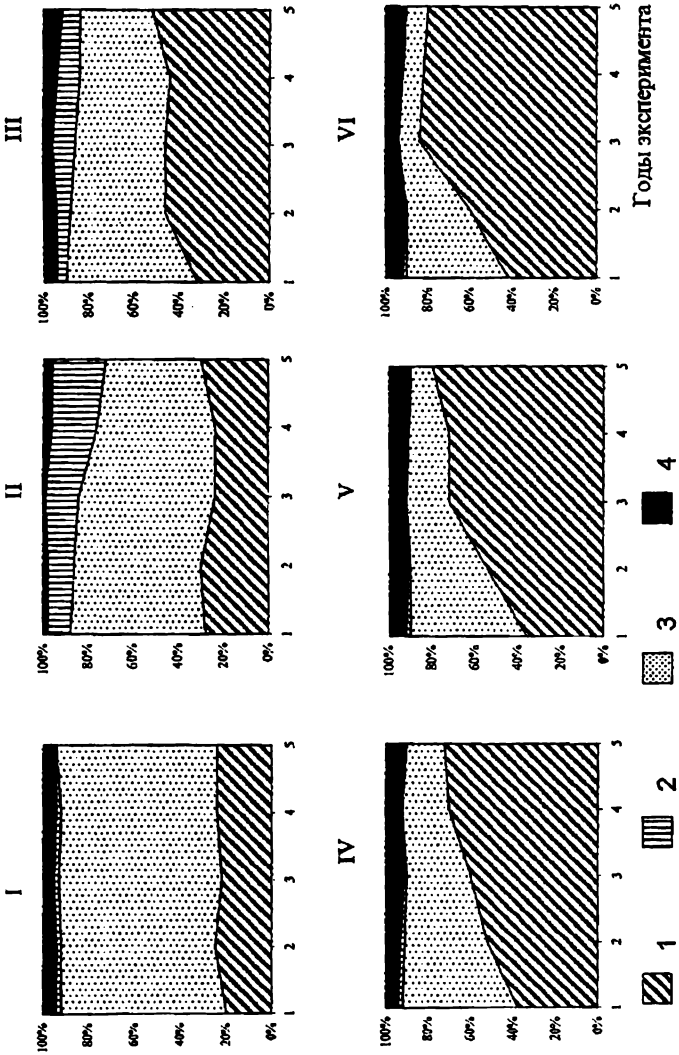


Рис. 14. Изменение соотношения агроботанических групп в травостое (%) по годам в ходе второго опыта.
I-VI — варианты опыта
1 — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — ветошь.

уровень флористического богатства — 47 видов. Коэффициент флористического сходства с контрольным участком 83%. Под влиянием удобрений упрочилась позиция злаков в фитоценозе; возросли показатели их обилия, а их биомасса увеличилась в 4,5 раза (214,2г/м^2,что составляет 52% от всей надземной фитомассы). Овсяница луговая и по обилию, и по массе стала преобладать в травостое.

Умеренная доза азота на фосфорно-калийном фоне (IV вариант — N_{60} P_{60} K_{60}) привела к существенным изменениям в фитоценозе. Общее число видов сократилось до 39 (в контроле — 50 видов), коэффициент флористического сходства снизился до 71%. Заметно возросло обилие злаков, их биомасса увеличилась в 8,7 раза (408,6 г/м^2 , что составляет 72%). Абсолютным доминантом в травостое становится овсяница луговая, ее масса возросла в 16 раз по сравнению с контролем (230г/м^2, что составляет 56,3% от всей фитомассы).

Внесение более высоких (V вариант — N_{90} $P_{60}K_{60}$) и (VI вариант — N_{120} P_{60} K_{60}) доз азота на фосфорно-калийном фоне повлекло за собой существенное обеднение флористического состава. За пятилетний период число видов сократилось до 29-25 соответственно. Коэффициент флористической общности с контрольным участком в V варианте равен 55%, а в VI — 47%. Из сообщества выпала большая часть бобовых: к концу эксперимента в V варианте их осталось только три вида — Trifolium medium, Lathyrus pratensis, Vicia cracca, и в VI варианте лишь один вид — Lathyrus pratensis.

Произошла смена доминантов. Злаки оттеснили разнотравье с передовых позиций, абсолютным доминантом становится овсяница луговая Festuca pratensis. Ей сопутствуют Agrostis gigantea, A. tenuis, Poa pratensis, Dactylis glomerata, Elytrigia repens. Активно внедрилась в травостой тимофеевка луговая — Phleum pratense, отсутствовавшая в контроле. Овсяница луговая оказалась самым продуктивным видом в фитоценозе, ее масса увеличилась в 20 раз по сравнению с контролем. Масса мятлика лугового вVI варианте возросла в 8,6 раза. В целом, масса злаков достигла 484,3 г/м^2 — 80% в V варианте и 572,4 г/м^2 — 81% в VI варианте, т.е. в 10-12 раз больше, чем в контроле.

Заметные изменения произошли и в группе разнотравья. Из травостоя выпали лесные и лугово-лесные виды, расположенные в нижнем подъярусе: Ajuga reptans, Campanula patula, Coronaria flos-cuculi, Dianthus deltoides, Hieracium pratense, Melampyrum pratense, Rhinanthus vernalis и др. Число видов из группы разно-

травья сократилось с 25-26 (первый год) до 14-16 видов (пятый год исследований). Обилие доминирующих в контроле видов — Alchemilla murbeckiana, Cirsium heterophyllum, Trollius europaeus, сократилось. В VI варианте участие разнотравья в общем запасе надземной фитомассы уменьшилось до 8%.

Итак, нарастающие дозы азотных удобрений на фоне фосфорно-калийных оказывают избирательное влияние на видовой состав травостоя. При этом возрастает роль злаков, ценных по своим кормовым достоинствам: Festuca pratensis, Agrostis gigantea, Poa pratensis, Phleum pratense и др. (Рис. 15), уменьшается доля разнотравья и бобовых. Происходит полная смена доминантов и кодоминантов. Травостой из мелкозлаково-разнотравного превращается в разнотравно-луговоовсяницевый, возникает качественно новое луговое сообщество, отличное от контрольного варианта по своему видовому составу, набору доминантов, структуре.

3.3.2. Изменение вертикального распределения надземной и подземной фитомассы

Надземная фитомасса. Исходный травостой стационарного участка низкорослый, слабо расчлененный на три подъяруса: в первом (до 50 см) располагаются генеративные побеги Festuca pratensis, Dactylis glomerata, Cirsium heterophyllum; во втором (до 25-30 см) — Poa pratensis, Anthoxanthum odoratum, Geranium sylvaticum, Alchemilla murbeckiana и др.; в третьем (до 10-15 см) — Viola mirabilis, Dianthus deltoides, Veronica chamaedrys. В целом для контрольного участка исследуемого луга характерен укороченный вертикальный профиль травостоя с большой насыщенностью нижних горизонтов надземными органами растений (рис. 16). В горизонте до высоты скашивания (0-7см) сосредоточено 33,5% общей фитомассы травостоя; 85% фитомассы расположено в приземном горизонте 0-25 см, в горизонте 30-50 см только — 4,1% фитомассы.

Внесение фосфорно-калийных удобрений незначительно повлияло на распределение надземной фитомассы. Полученные результаты оказались сходными с контрольным вариантом. Небольшие и умеренные дозы азотных удобрений по фосфорно-калийному фону (III и IV варианты) вызывают уже заметные изменения в стратификации травостоя. Высота его увеличивается, генеративные побеги злаков достигают 80-100 см. За счет перераспределения фитомассы ее доля в горизонте 0-7 см уменьшается по сравнению с контролем (26,9% и 20,1% в III и IV вариантах соответственно). Рас-

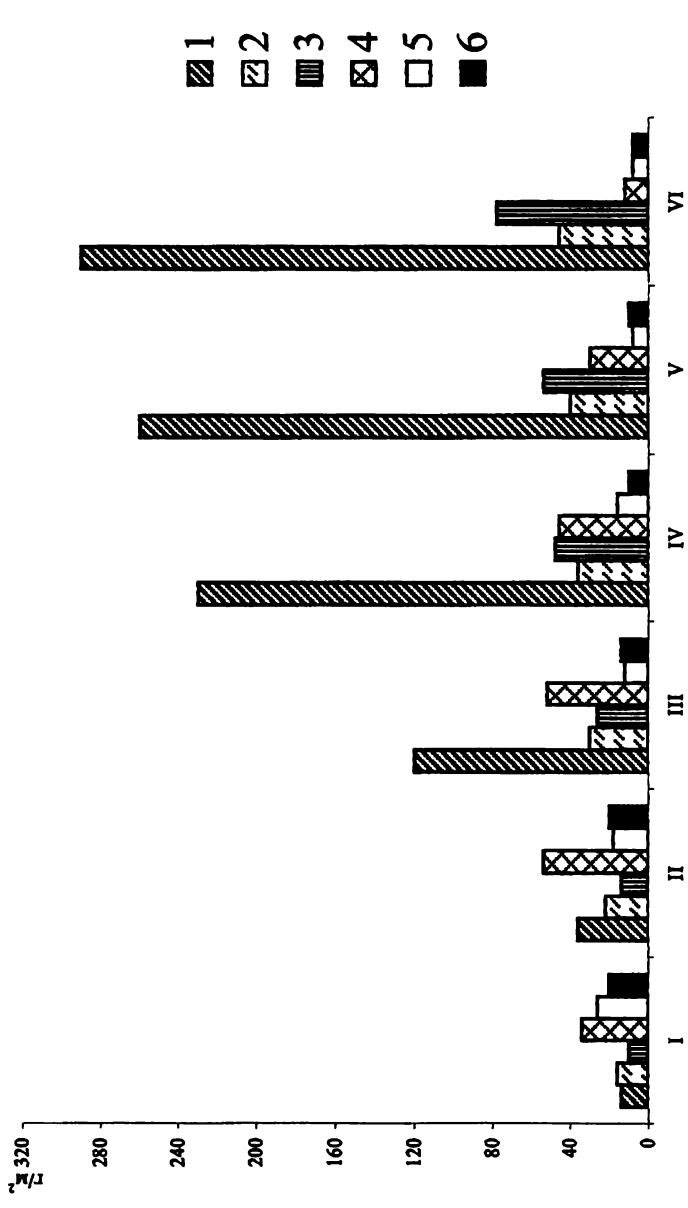


Рис. 15. Надземная биомасса (г/м²) преобладающих видов растений в конце второго опыта (5-й год).
I-VI — варианты опыта
1 — Festuca pratensis, 2 — Agrostis tenuis, 3 — Poa pratensis, 4 — Alchemilla murbeckiana, 5 — Cirsium heterophyllum, 6 — Trollius europaeus

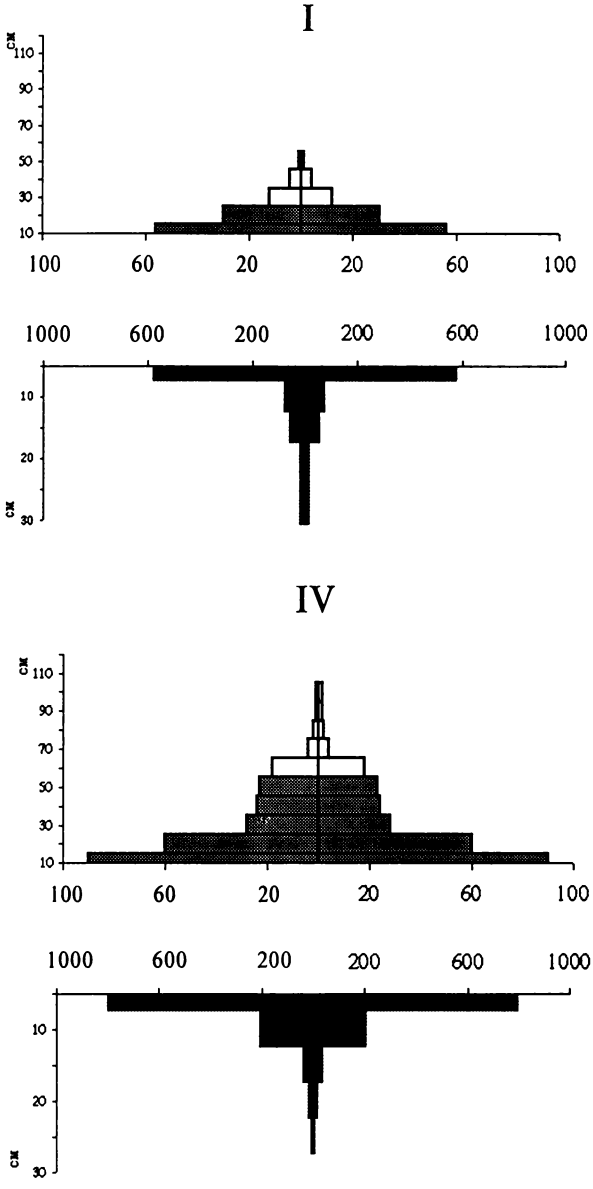
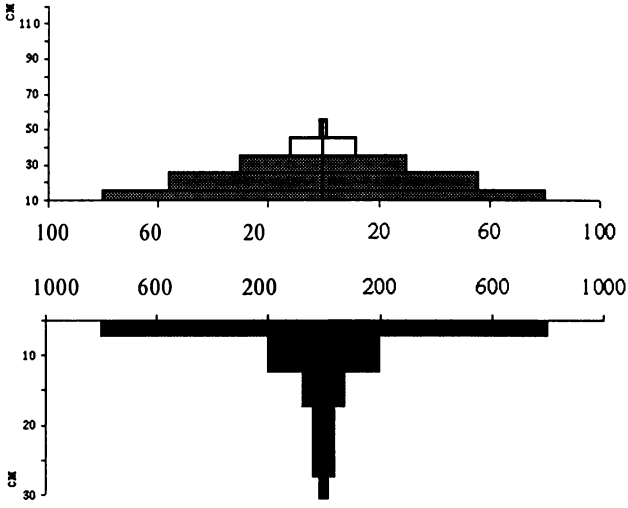


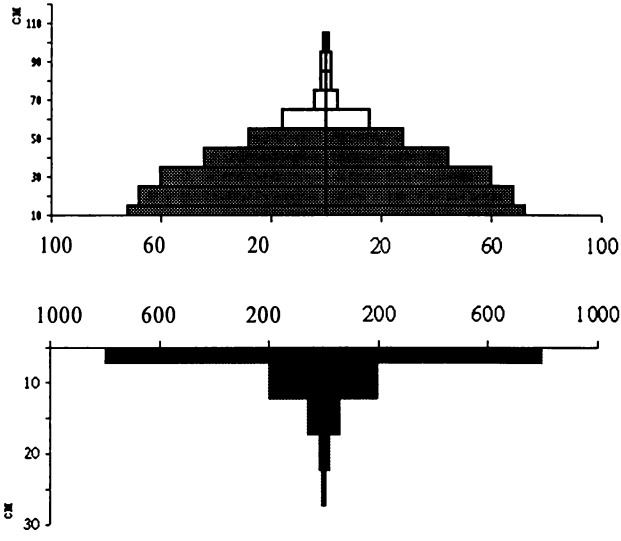
Рис. 16. Послойное распределение надземной и подземной фитомассы (г/м²) в конце второго опыта (5-й год). I-VI - варианты опыта

Фитомасса: *1* и *1а* — надземная; *1а* — в том числе основная ее часть (85%); *2* — подземная

II


см
110
90
70
50
30
10
100 60 20 20 60 100
1000 600 200 200 600 1000
10
20
см
30

V


см
110
90
70
50
30
10
100 60 20 20 60 100
1000 600 200 200 600 1000
10
20
см
30

1
1а
2

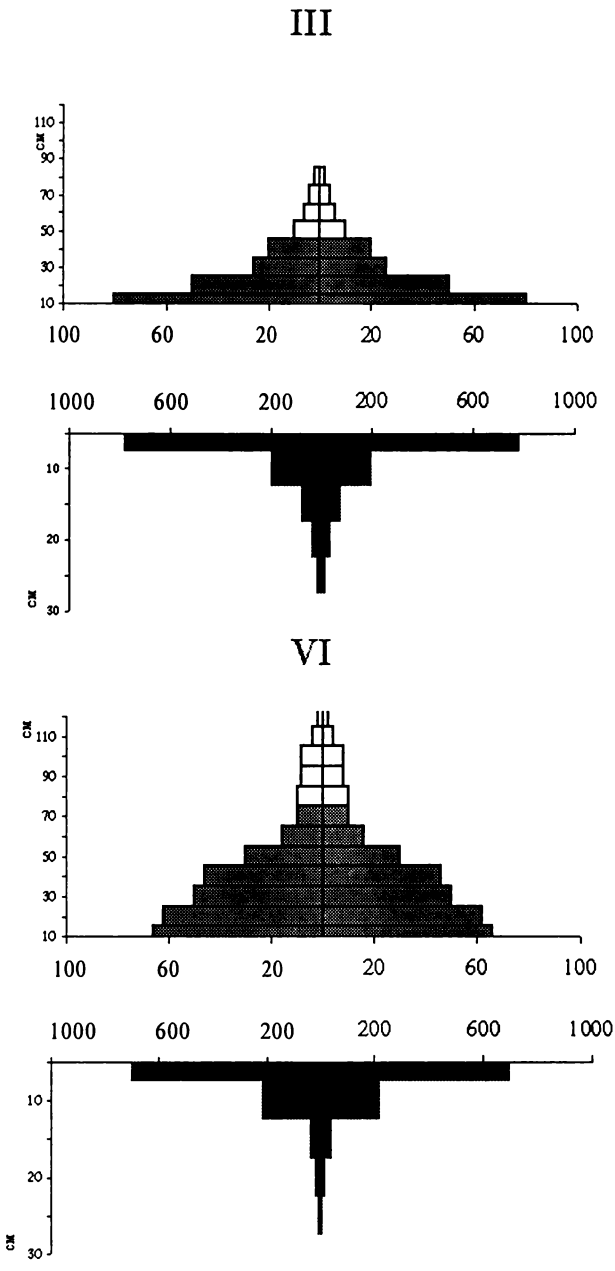


Рис. 16. (Продолжение)

пределение фитомассы по горизонтам становится более равномерным. Большая ее часть (85%) сосредоточена в горизонте 0-50 см.

Дозы азота 90 и 120 кг/га по фосфорно-калийному фону (V и VI варианты) вызывают увеличение высоты травостоя до 120 см (более чем двукратное превышение по сравнению с контрольным вариантом). При этом доля фитомассы в приземном слое (0-7 см) снижается до 15%. В горизонте 0-70 см сосредоточено 85% надземной фитомассы. Травостой становится плотным, высокорослым, с более равномерным распределением фитомассы по вертикальному профилю.

Представляет интерес изменение соотношения между фитомассой листьев и стеблей. Наибольшая доля массы листьев (168,8 г/м^2 — 82,3%) и самая низкая доля массы стеблей (36,3 г/м^2 — 17,7%) отмечены на контрольном участке. Отношение массы листьев к массе стеблей 4,6:1. Значительное преобладание массы листьев связано с тем, что в травостое доминирует разнотравье с крупными листьями: Alchemilla murbeckiana, Cirsium heterophyllum, Trollius europaeus. При внесении возрастающих доз азотных удобрений в травостое изменяется соотношение как массы отдельных видов, так и компонентов надземной фитомассы. Такие изменения наиболее существенны в VI варианте, где фитомасса листьев достигает 424 г/м^2 — 60%, а стеблей — 282,7 г/м^2 — 40%. При этом отношение массы листьев к массе стеблей становится 1,5:1. В этом случае доля листьев увеличивается в 2,5 раза, а стеблей в 7,8 раза по сравнению с контрольным участком. Такое резкое возрастание массы стеблей по отношению к массе листьев связано с одной стороны, со снижением в травостое доли крупнолистного разнотравья, а с другой — с увеличением доли злаков (Гребенщикова, Работнов, 1974; Работнов, 1973), у которых при внесении минеральных удобрений возрастает количество менее облиственных генеративных побегов.

Подземная фитомасса. Внесение удобрений оказывает значительное влияние и на вертикальное распределение подземной фитомассы. В контрольном варианте в поверхностном горизонте 0-5 см расположено 1080 г/м^2 — 77,2% подземных органов растений, в горизонте 5-10 см — 160 г/м^2 — 11,4% (рис. 16). В более глубоких горизонтах проникновение корней и корневищ вглубь резко снижается, и на глубине 15-30 см масса корневых систем не превышает 60 г/м^2 — 4,2% от всей подземной фитомассы.

Внесение фосфорно-калийных удобрений (II вариант) стимулирует существенное увеличение подземной фитомассы, достигающей

Таблица 15

Изменение биологической продуктивности

Вариант опыта	Запас фитомассы, г/м^2					Отношение надземной фитомассы к подземной
	надземной			подземной	общей	
	живой	мертвой (ветошь)	всего			
I - Контроль (б/у)	196,9	8,2	205,1	1400,1	1605,2	1:6,8
II - P_{60} K_{60}	340,9	21,1	362	2259,9	2621,9	1:6,2
III - $N_{30}P_{60}$ K_{60}	378,8	32,9	414,7	2220,3	2632	1:5,4
IV - $N_{60}P_{60}$ K_{60}	510,8	56,8	567,6	2200	2767,6	1:3,9
V - $N_{90}P_{60}$ K_{60}	545,3	60,0	605,3	2140,2	2745,5	1:3,5
VI - $N_{120}P_{60}$ K_{60}	628,8	77,8	706,6	2040,4	2747	1:2,9

2260 г/м^2 — это максимальная величина, полученная в опыте. Изменяется и распределение ризосферы по горизонтам: в горизонте 0-5 см — 1580 г/м^2 (69,9%), в горизонте 5-10 см — 420 г/м^2 — 18,5%. В нижележащих горизонтах распределение корневых систем не столь существенно отличается от контрольного варианта.

Дополнительное включение небольших доз азота к фосфору и калию (III вариант) не вызывает заметных изменений в подземной сфере лугового сообщества. Однако эффект умеренных и высоких доз (IV и V варианты) оказывается более ощутимым. Запас подземной фитомассы варьирует в этих двух вариантах от 2200 г/м^2 до 2140г/м^2. В поверхностном горизонте 0-5 см сосредоточено от 1640 г/м^2 — 74,6% (IV вариант) до 1600 г/м^2 — 74,8% (V вариант). В горизонте 5-10 см содержится от 460 г/м^2 — 20,9% до 400 г/м^2 — 18,7% подземных органов. Резко снизилось содержание подземной фитомассы в горизонте 10-15 см: если в контроле в этом горизонте сосредоточено 7,2% всех корневых систем, то в вариантах с азотом 5,1-4,9%.

В случае внесения очень больших доз азотных удобрений (VI вариант) запас подземной фитомассы снижается до 2040 г/м^2. Снижение массы подземных органов растений отмечено во всех нижележащих горизонтах, кроме горизонта 5-10 см, где сосредоточено 470 г/м^2 — 23% — это наибольшая масса корневых систем в этом горизонте.

В целом во всех вариантах опыта с внесением азота в поверхностном горизонте почвы 0-10 см, куда поступают и где сосредоточены минеральные удобрения, сконцентрировано 90,1-95,5% массы корневых систем, тогда как в контроле — 81,6%. Более

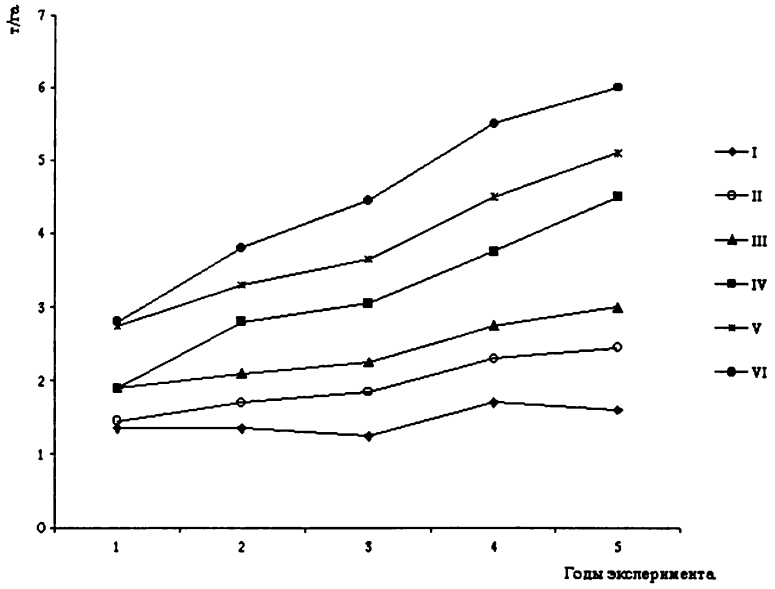


Рис. 17. Погодичная динамика урожайности (т/га) в ходе второго опыта. I-VI — варианты опыта

активно освоен корневыми системами горизонт 5-10 см, в нем содержится от 19,8% до 23% подземных органов, тогда как в контроле — только 11,4%.

3.3.3. Изменение продуктивности

Влияние удобрений на биологическую продуктивность суходольного луга более ярко прослеживается по данным пятого года наблюдений (табл. 15), когда выявляется эффект последействия удобрений, внесенных в предшествующие годы. Нарастающие дозы азотных удобрений вызывают в VI варианте увеличение общего запаса фитомассы (надземной и подземной) в 1,7 раза. Внесение фоновых фосфорно-калийных удобрений вызвало увеличение продуктивности в надземной части фитоценоза — 76,5%, а в подземной — 63,3%. Низкая доза азота по фосфорно-калийному фону (III вариант) в большей степени повлияла на запас надземной фитомассы, прирост составил 102,2%; подземная масса по сравнению с контролем увеличилась на 58,6%.

По мере нарастания доз азотных удобрений наблюдается преимущественно увеличение надземной фитомассы. Самый значи-

тельный ее прирост отмечен при внесении максимальной дозы азота (VI вариант), он достиг 244,5%, тогда как прирост подземной фитомассы составил лишь 45,7%. Соотношение между надземной и подземной фитомассой при увеличении доз вносимого азота изменяется в пользу надземной; в контроле оно равно 1:6,8, а в VI варианте опыта 1:2,9. Очевидно, что при повышенном уровне минерального питания луговой биогеоценоз может успешно функционировать с меньшими энергетическими затратами на формирование корневой системы растений. О более высокой отзывчивости надземной фитомассы на внесение возрастающих доз азота, чем подземной, имеются указания в литературе (Демин,1970; Смелов,1966).

Кроме того, в ходе эксперимента было прослежено влияние удобрений на запас мертвой прикрепленной фитомассы (ветошь). Оказалось, что по мере внесения повышенных доз азотных удобрений значительно увеличивается доля некромассы. Если на участке, где удобрения не вносились, ее запас составил 8,2г/м^2, то в VI варианте он возрос до 77,8г/м^2. Это связано с более интенсивным отмиранием листьев в нижней части стеблей травостоя по мере увеличения высоты, плотности и сомкнутости травостоя, а следовательно уменьшения доступа света к нижним горизонтам.

Динамика урожайности по годам в зависимости от доз азотных удобрений показана на рис. 17. Самая низкая урожайность за все годы наблюдений была отмечена в контрольном варианте, в среднем за пять лет она составила 1,4 т/га. Фосфорно-калийные удобрения (II вариант) слабо повлияли на урожайность, увеличив ее на 0,58 т/га, прибавка составила 41,4%. Максимальная урожайность в этом варианте была получена на пятый год — 2,4 т/га. Внесение возрастающих доз азотных удобрений по фосфорно-калийному фону повлекло за собой более существенное увеличение урожайности, величина которой находилась в прямой зависимости от дозы азотных удобрений: чем выше доза, тем интенсивней прирост урожайности. В III варианте — средняя урожайность за пятилетний период составила 2,4 т/га, в IV варианте — 3,2 т/га. Прибавка урожая по сравнению с контролем составила — 1 т/га — 71,4% и 1,81 т/га — 129,3% соответственно.

Максимальная урожайность получена в VI варианте (N_{120} P_{60} K_{60}); на пятый год она достигла 6,01 т/га. Средняя урожайность за весь период наблюдений составила 4,51 т/га, что почти в 4 раза выше, чем в контроле.

3.3.4. Влияние удобрений на моховой покров суходольного луга

На суходольных лугах послелесного происхождения поверхность почвы обычно в той или иной степени покрыта мхами. Поэтому представляет интерес анализ влияния возрастающих доз азотных удобрений (на фосфорно-калийном фоне) на видовой состав и основные жизненные характеристики мохового покрова.

В контрольном варианте моховой ярус выражен довольно хорошо, общее проективное покрытие 60-70%. В его состав входят 9 видов листостебельных мхов (табл.16). Из них преобладают как по обилию так и по весу три мезофильных вида лесного происхождения: Hylocomium splendens, Pleurozium schreberi и Rhytidiadelpfus calvescens. Существенна примесь мхов гидроморфного ряда: Aulacomnium palustre и Dicranum bonjeanii. Средняя мощность мохового яруса — 4,3 см, объем надземной среды, используемой мхами составляет — 2,8 $м^3/100м^2$. Общая масса мхов — 127,4 $г/м^2$.. Живая часть составляет — 63,6%, а мертвая — 36,4% (табл. 17).

В варианте с фосфорно-калийными удобрениями (P_{60} K_{60}) проективное покрытие мхов несколько снизилось — 40-50%, заметно уменьшилась живая часть по сравнению с контрольным вариантом и увеличилась мертвая. Снизился и объем надземной среды, используемый мхами до 4,2 $м^3/100м^2$. Все это привело к снижению общей массы мхов. Наметилась тенденция к уменьшению обилия и массы большинства видов мхов, кроме Pleurozium schreberi, масса которого осталась практически на прежнем уровне, а масса Brachythecium mildeanum увеличилась в 4 раза по сравнению с контролем.

Внесение азота в дозе 30 кг/га ($N_{30}P_{60}$ K_{60}) привело к большему ослаблению позиции мохового покрова; проективное покрытие сократилось до 30%, общая масса снизилась до 82,6 $г/м^2$, и мертвая часть составила 48,9%. Для всех видов мхов характерна отрицательная реакция на азотные удобрения, кроме Brachythecium mildeanum, его масса стала в 8 раз больше, чем в контрольном варианте.

Повышение дозы азотных удобрений до 60 кг/га ($N_{60}P_{60}$ K_{60}) повлекло за собой снижение обилия практически всех видов мхов, особенно резко это проявилось у Hylocomium splendens и Pleurozium schreberi, масса которых снизилась по сравнению с контролем в 7,5-8. Кроме того, исчез Thuidium recognitum. Общая масса мхов — 22,3 $г/м^2$, объем используемой ими среды —

Таблица 16

Флористический состав мохового покрова и фитомасса отдельных видов на пятый год эксперимента

№	Название вида	Варианты опыта											
		Контроль (без удобрений)		$P_{60}K_{60}$		$N_{30}P_{60}K_{60}$		$N_{60}P_{60}K_{60}$		$N_{90}P_{60}K_{60}$		$N_{120}P_{60}K_{60}$	
		г/м²	%	г/м²	%	г/м²	%	г/м²	%	г/м²	%	г/м²	%
1	Aulocomnium palustre	11,5	9,0	6,0	5,7	4,8	5,8	1,6	7,3	0,6	5,6	-	-
2	Brachythecium mildeanum	0,8	0,6	3,2	3,0	6,4	7,7	3,4	15,3	1,9	17,6	2,3	29,8
3	Climacium dendroides	14,0	11,0	4,9	4,6	7,1	8,6	3,3	14,7	1,8	16,7	1,8	23,4
4	Dicranum bonjeanii	5,6	4,4	3,9	3,7	1,7	2,0	0,7	3,0	-	-	-	-
5	Hylocomium splendens	33,8	26,6	30,9	29,1	25,3	30,6	4,1	18,5	1,7	15,7	1,0	13
6	Plagiomnium rostratum	0,8	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,4	1,8	0,3	2,8	-	-
7	Pleurozium schreberi	49,4	38,8	50,1	47,0	31,3	38,0	6,7	30	2,8	25,9	2,0	26
8	Rhytidiadelphus calvescens	10,6	8,3	6,0	5,6	4,6	5,6	2,1	9,4	1,7	15,7	0,6	7,8
9	Thuidium recognitum	0,9	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	-	-	-	-	-	-
Всего		127,4	100	106,3	100	82,6	100	22,3	100	10,8	100	7,7	100

Таблица 17

Продуктивность мохового покрова суходольного луга на пятый год эксперимента

Элементы учета		Варианты опыта					
		Контроль (без удобрений)	$P_{60}K_{60}$	$N_{30}P_{60}K_{60}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	$N_{90}P_{60}K_{60}$	$N_{120}P_{60}K_{60}$
Общее проективное покрытие, %		60-70	40-50	30	15-20	10	5-10
Высота, см		4,3	4,2	4,2	3,4	3,2	3,2
Объем надземной среды, используемой мхами, (м³/100м²)		2,8	1,9	1,3	0,7	0,3	0,3
Живая часть	см	2,9	2,6	2,1	1,2	1,0	1,0
	г/м²	81,0	66,8	42,2	8,2	3,0	2,1
	%	63,6	62,8	51,1	36,8	27,9	27,1
Мертвая часть	см	1,4	1,6	2,1	2,2	2,2	2,2
	г/м²	46,4	39,5	40,4	14,1	7,8	5,6
	%	36,4	37,2	48,9	63,2	72,1	72,9
Общая масса (воздух. сух. в-во), г/м²		127,4	106,3	82,6	22,3	10,8	7,7

0,7 м³/100м². Значительно уменьшилась высота мхов, на долю живой части мхов приходится — 36,8%, а на долю мертвой — 63,2%.

Еще большее увеличение доз азотных удобрений вызвало дальнейшую редукцию мохового покрова. В VI варианте ($N_{120}P_{60}K_{60}$) выпали из состава яруса: Aulacomnium palustre, Dicranum bonjeanii, Plagiomnium rostratum, Thurdimum recognitum, остались только 5 видов мхов, с очень низким проективным покрытием (5-10%), общая масса мхов сократилась в 16,6 раз по сравнению с контрольным вариантом. Снизился объем надземной среды, используемой мхами до 0,3 м³/100м², живая часть составила лишь 27% от всей фитомассы мхов.

Из сказанного можно заключить, что внесение возрастающих доз азотных удобрений в дозе 60 кг/га и выше ведет к резкому ослаблению позиции мохового яруса на суходольных лугах. Увеличение высоты луговых трав, их мощности, плотности и сомкнутости травостоя сопряжено со снижением обилия и массы мхов, а также к выпадением в первую очередь мхов лесного происхождения. Более устойчивы относительно светолюбивые мезофильные мхи, характерные для лугов.

3.3.5. Общие замечания

Пятилетний эксперимент показал, что внесение нарастающих доз азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне оказывает существенное влияние на продуктивность суходольного луга. При этом формируется более дифференцированная и совершенная вертикальная структура травостоя, что ведет к увеличению фотосинтезирующей поверхности, более полному использованию солнечной энергии, повышению биологической продуктивности, снижению доли возможных потерь надземной фитомассы при скашивании.

Общий запас фитомассы возрастает в 1,7 раза, в том числе надземной — в 3,4 раза, подземной — в 1,5 раза. Нарастающие дозы азотных удобрений на фосфорно-калийном фоне оказывают избирательное влияние на отдельные виды травянистых растений, входящие в фитоценоз. Внесение азота в дозе 120 кг/га вызывает сильное обеднение флористического состава. При этом коэффициент флористического сходства (по сравнению с контролем) снижается с до 47%. Меняется и соотношение агроботанических групп в составе травостоя. Во всех вариантах при нарастании доз азотных удобрений прослеживается закономерное увеличение доли злаков по отношению к разнотравью и полное подавление бобовых. Происходит смена доминантов, травостой из мелкозлаково-разнотравного превращается в разнотравно-крупнозлаковый с доминированием овсяницы луговой.

3.4. Опыт третий — влияние интенсивного (2-х — 3-х укосного) использования на фоне азотно-фосфорно-калийных удобрений

3.4.1. Изменение флористического и агроботанического состава травостоя

За **контроль (I вариант)** взят **неудобряемый участок с ежегодным двукратным скашиванием**, в травостое которого (табл. 18)

Таблица 18

Флористический состав луга на пятый год эксперимента (опыт третий)

№	Название вида	Обилие по вариантам опыта			
		Контроль (без удобрений) 2 укоса ежегодно	Удобрения - $N_{180}P_{60}K_{90}$		
			2 укоса ежегодно	3 укоса ежегодно	чередование 2-х и 3-х укосов
1	2	3	4	5	6
	Злаки				
1	Agrostis tenuis	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1	sp.-cop.1
2	Anthoxanthum odoratum	sp.	sp.	sol.	sol.
3	Dactylis glomerata	sp.	cop.2	cop.1	cop.2
4	*Elytrigia repens	sp.-cop.1	cop.2	cop.1	cop.2
5	Festuca pratensis	sp.	cop.1	sp.-cop.1	cop.1
6	F. rubra	sp.	sp.	sp.-cop.1	sp.
7	Phleum pratense	sol.	sp.-cop.1	sol.-sp.	sp.-cop.1
8	Poa pratensis	sp.-cop.1	cop.1	cop.2	cop.1
	Бобовые				
9	Lathyrus pratensis	sol.	sol.	-	sol.
10	Trifolium medium	sp.	sp.	sol.-sp.	sp.
11	*T. repens	sp.	sol.	sp.	-
12	Vicia cracca	sol.	sol.	-	sol.
13	V. sepium	sol.	sol.	-	sol.
	Разнотравье				
14	*Achillea millefolium	sp.-cop.1	sol.-sp.	cop.1	sp.-cop.1
15	Aegopodium podagraria	cop.1	cop.1	cop.1	cop.1
16	Alchemilla murbeckiana	cop.1	cop.1	cop.1	cop.1
17	Ajuga reptans	sol.	sol.	-	sol.
18	Asarum europaeum	sol.	sol.	-	sol.
19	Betonica officinalis	sol.	sol.	-	sol.
20	*Carum carvi	sp.	sol.	sol.-sp.	sol.
21	Centaurea scabiosa	sol.	sol.	sol.	sol.
22	Cirsium heterophyllum	sol.	sol.	-	sol.
23	Dianthus deltoides	sol.	-	-	-
24	*Euphorbia virgata	sol.	-	-	sol.
25	Filipendula ulmaria	sol.	sol.	sol.	-
26	Galium boreale	sol.	sol.	-	sol.
27	G. mollugo	sol.	sol.	-	sol.
28	Geranium sylvaticum	sp.	sp.	sol.	sp.
29	Heracleum sibiricum	sol.	sol.	-	sol.
30	Hieracium pratense	sol.	sol.	-	sol.
31	Hypericum maculatum	sol.-sp.	sp.	sol.	sp.
32	Leucanthemum vulgare	sol.	sol.	-	sol.
33	*Linaria vulgaris	sol.	sol.	sol.	sol.
34	Pimpinella saxifraga	sol.	sol.	sol.	sol.
35	*Plantago media	sp.	sol.	sp.	sol.
36	Polemonium coeruleum	-	sol.	-	sol.
37	Potentilla goldbachii	sol.	sol.	-	sol.
38	*Prunella vulgaris	sol.	-	-	-
39	Ranunculus acris	sol.	sol.	sol.	sol.
40	*Rumex acetosa	sol.-sp.	sol.	sol.	sol.
41	Solidago virgaurea	sol.	sol.	-	sol.
42	Stellaria graminea	sol.	sol.	-	-
43	*Taraxacum officinale	sp.	sol.	sp.-cop.1	sol.

(Продолжение табл. 18)

1	2	3	4	5	6
44	Thalictrum simplex	sol.	sol.	-	-
45	Trollius europaeus	sol.	-	-	-
46	Veronica chamaedrys	sol.	sol.	sol.	sol.
47	Viola canina	sol.	sol.	-	-
48	V. mirabilis	sol.	-	-	sol.
Итого видов:		47	43	25	40
В том числе синантропных		10	8	7	8
Индекс синантрпоизации		21,3	18,6	28	20

Звездочкой (*) отмечены синантропные виды

доминируют представители широколистного разнотравья (Aegopodium podagraria, Alchemilla murbeckiana, Geranium sylvaticum). Злаки (Agrostis tenuis, Anthoxanthum odoratum, Festuca rubra, Poa pratensis) в формировании травостоя играют второстепенную роль. Обилие бобовых (Trifolium medium, Lathyrus pratensis, Vicia cracca и др.) низкое. Травостой низкорослый (40-50 см), в его составе содержатся ядовитые (Asarum europaeum, Hieracium pratense, Ranunculus acris) и вредные (Galium boreale, G. mollugo, Rumex acetosa) растения. Всего на контрольном участке произрастает 54 вида высших растений. Общее проективное покрытие не превышает — 75%, задернение слабое (7-10%).

За пятилетний период исследований в травостое контрольного участка отмечены некоторые изменения. Сократилось общее число видов с 54 до 47. Доминирующие виды (Aegopodium podagraria, Alchemilla murbeckiana) сохранили свою позицию и на пятый год; значительно возросло обилие у ряда злаков(Agrostis tenuis, Elytrigia repens, Poa pratensis), из бобовых — Trifolium repens. Из 40 видов разнотравья осталось 34 вида; выпали из травостоя Campanula patula, Melampyrum pratense, Rhinanthus vernalis, Viola tricolor и др. Отмечено угнетение Geranium sylvaticum, Hypericum maculatum и др., в то время как существенно возросло обилие синантропного вида Achillea millefolium.

В целом на пятый год эксперимента в травостое как по обилию, так и по массе (рис. 18,19) преобладает разнотравье — 106,9 г/м^2 (72,2%), существенно ниже масса злаков — 28,4 г/м^2 (19,2%) и бобовых — 6,5 г/м^2 (4,4%).

Ведущие компоненты в формировании надземной фитомассы (в убывающем порядке) — манжетка Мурбека, сныть обыкновенная, тысячелистник обыкновенный, мятлик луговой, пырей ползучий, ежа сборная (рис. 20).

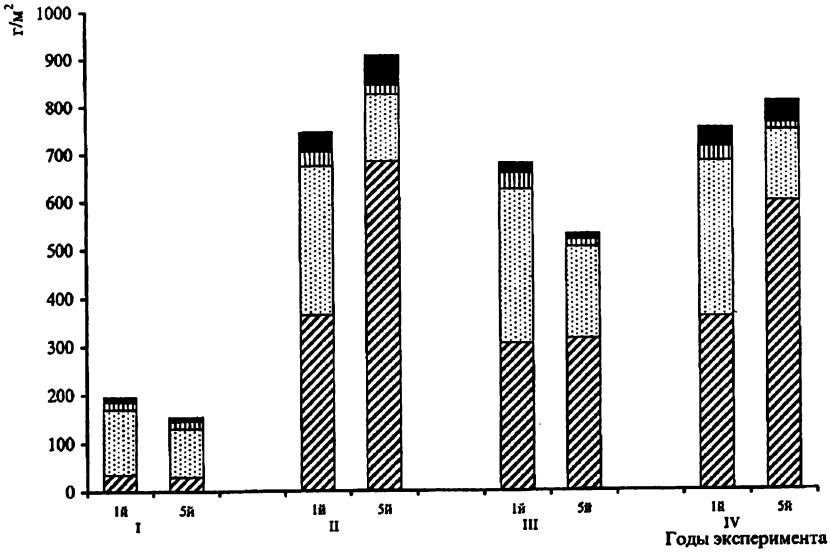


Рис. 18. Изменение продуктивности и агроботанического состава травостоя в ходе третьего опыта. (первый и пятый годы) I-IV варианты опыта

1 — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — ветошь

При **ежегодном двухукосном использовании на фоне N_{180} P_{60} K_{90} (II вариант)** изменения в травостое были более существенными. Сократилось число видов до 43. Выпало из травостоя 12 видов, в том числе низкорослые и одно-двулетние травы: Campanula patula, Myosotis caespitosa, Prunella vulgaris, Viola mirabilis, Viola tricolor и др. Заметно угнетены Ajuga reptans, Betonica officinalis. Сократилось число семейств (их осталось 17), выпали колокольчиковые, бурачниковые, молочайные. Коэффициент флористического сходства с контрольным участком составил — 77,8%. В ценотическом составе усилилась позиция луговых трав — 20 видов (46,5%),но все еще довольно существенно участие лугово-лесных — 16 видов (37,2%) и лесных — 3 видов (7%). В экологическом спектре большинство составляют мезофиты — 83,7%. По продолжительности жизни преобладают многолетники — 41 вид (97,6%). Кормовая характеристика: 9 видов со средним, 10 с высоким качеством. Уменьшилась роль ядовитых и вредных трав.

Изменился и внешний облик травостоя: он стал плотным, сомкнутым, значительно возросла высота растений (100-110см),

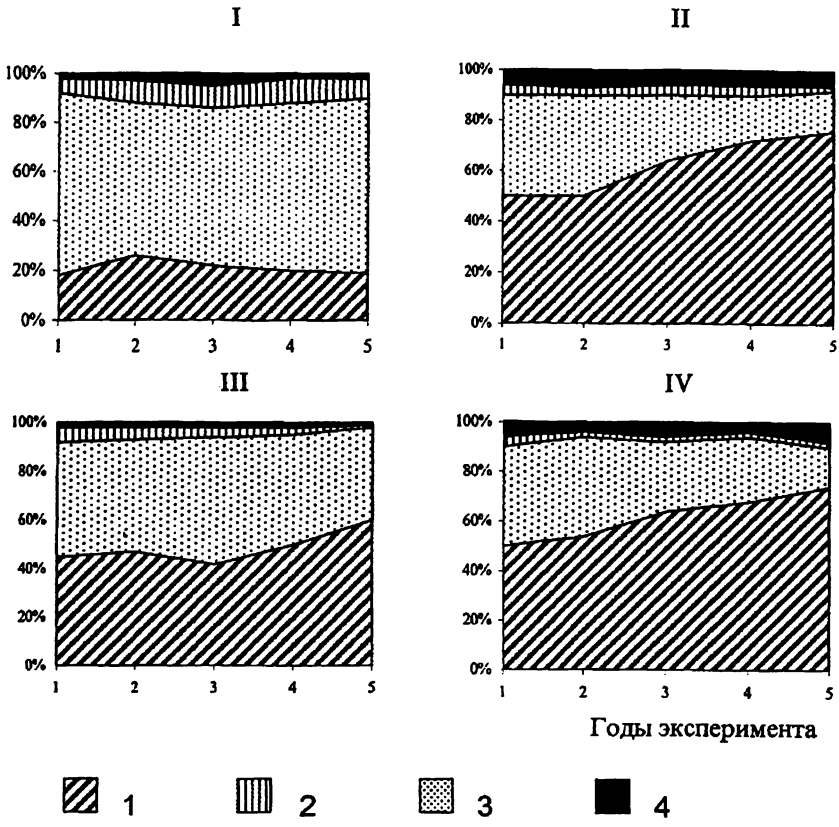


Рис. 19. Изменение соотношения агроботанических групп в травостое по годам в ходе третьего опыта. I-IV - варианты опыта
1 — злаки; *2* — бобовые; *3* — разнотравье; *4* — ветошь

проективное покрытие достигло максимума — 95-100%, задернение почвы — 15-20%. Господствующая роль в формировании травостоя принадлежит злакам, в том числе ценным кормовым травам: Festuca pratensis, Phleum pratense, Poa pratensis. Произошла смена доминантов: на фоне общего увеличения роли злаков, основу травостоя стали слагать Dactylis glomerata и Elytrigia repens. Обилие низовых злаков (Agrostis tenuis, Anthoxanthum odoratum, Festuca rubra) осталось прежним. Участие разнотравья в сложении травостоя в целом уменьшилась, изменилось и соотношение отдельных его представителей. Травостой на 75,3% (683,8 г/м^2) образован злаками, на долю раз-

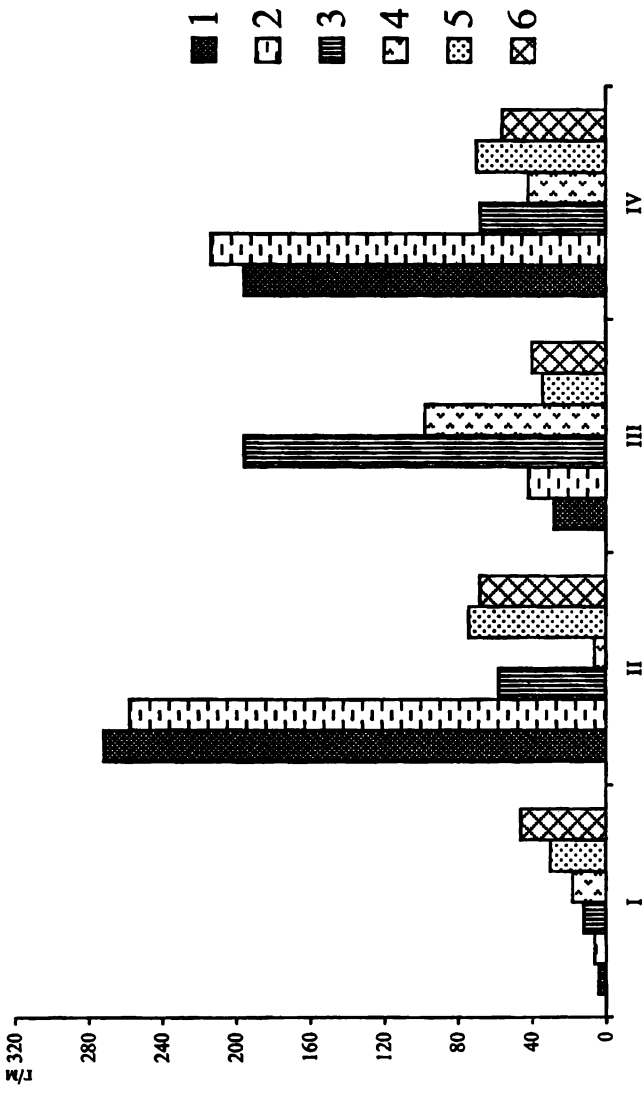


Рис. 20. Надземная биомасса (г/м²) преобладающих видов растений в конце третьего опыта. I-IV — варианты опыта

1 — Dactylis glomerata, *2* — Elytrigia repens, *3* — Poa pratensis, *4* — Achillea millefolium, *5* — Aegopodium podagraria, *6* — Alchemilla murbeckiana

нотравья приходится 16,5% (149,8 г/м^2) от всей фитомассы. Из злаков определяющую роль играют ежа сборная и пырей ползучий, из разнотравья — сныть обыкновенная и манжетка Мурбека. Хотя по массе отмечено заметное увеличение манжетки и сныти обыкновенной (по сравнению с контролем их масса возросла в 1,5-2,5 раза), однако их процентное участие в формировании фитомассы уменьшилось в 3-4 раза.

Особенно резкие изменения в структуре травостоя отмечены при **ежегодном трехукосном (III вариант) скашивании травостоя на фоне N_{180} P_{60} K_{90}.** На пятый год исследований происшедшие изменения затронули все качественные характеристики фитоценоза. Флористический состав резко обеднился, осталось лишь 25 видов, относящихся к 11 семействам. Выпали из травостоя виды, принадлежащие к семействам гвоздичных, бурачниковых, кирказоновых, колокольчиковых, мареновых и др. Коэффициент флористического сходства достиг самой низкой величины в эксперименте — 44,4%, снизилось общее проективное покрытие до 75-80%.

Ежегодное трехукосное использование ускорило процесс смены доминирующих видов разнотравья на злаки, среди которых преобладает Poa pratensis.

В ценотическом спектре самое большое участие принимают типично луговые виды — 15 (62,5%), остальные ценотические группы представлены 1-2 видами. В экологическом спектре большинство видов принадлежит мезофитам — 79,2%, на долю ксеромезофитов и гигромезофитов приходится — 20,8%. В фитоценозе существенно возросла роль рыхлодерновинных видов — 16,7%, корневищно-рыхлодерновинных — 8,3%, что в два раза больше, чем в контрольном варианте.

Несмотря на достаточное минеральное питание, снизилась плотность травостоя. Распределение видов стало неравномерным, мозаичным, появились пятна почвы, не занятые растительностью. Травостой стал явно угнетенным, отрастание трав весной замедлилось, а в феноритмике отмечено отставание по сравнению со вторым вариантом. Основу травостоя образуют злаки: Poa pratensis, Dactylis glomerata, Elytrigia repens, менее обильны Agrostis tenuis, Festuca pratensis, F. rubra. Виды из группы разнотравья, доминирующие в первые годы, вскоре утратили определяющую роль в фитоценозе, однако Aegopodium podagraria, Alchemilla murbeckiana, несмотря на частое отчуждение травостоя, сохранили довольно высокое обилие. К ним присоединился синантропный вид Achillea millefolium.

Ведущую позицию заняли виды с высокой конкурентоспособностью, обладающие отавностью и способностью к вегетативному размножению — Elytrigia repens, Festuca rubra, Poa pratensis, а также виды, у которых большая часть фитомассы сосредоточена в приземном горизонте (до высоты скашивания). К числу последних относятся и некоторые синантропные виды — Plantago media, Taraxacum officinale. На пятый год исследований соотношение основных компонентов в фитоценозе по надземной фитомассе таково: злаки — 315,5 г/м^2 (60,4%), разнотравье — 192,2 г/м^2 (36,8%), бобовые — 5,2 г/м^2 (1%). Преобладают по массе мятлик луговой, тысячелистник обыкновенный, пырей ползучий, манжетка Мурбека и сныть обыкновенная; остальное — ветошь.

При **чередовании по годам двух- и трехукосного использования на фоне тех же доз минеральных удобрений (IV вариант)**, травостой по многим параметрам: развитию и мощности растений, видовому и агроботаническому составу близок ко второму варианту с ежегодным 2-х укосным использованием. На пятый год исследований в составе травостоя насчитывается 17 семейств, 37 родов, 40 видов. Коэффициент флористического сходства — 72,2%. Ценотический и экологический спектры также близки к варианту с ежегодным 2-х укосным использованием. Увеличилось процентное участие трав, принадлежащих к корневищным и рыхлодерновинным группам, на их долю приходится 64,1%. В травостое по обилию и фитомассе доминируют Dactylis glomerata, Elytrigia repens, им несколько уступают Aegopodium podagraria, Alchemilla murbeckiana и Poa pratensis.

На завершающем этапе эксперимента в травостое основу надземной фитомассы образуют злаки — 598,1 г/м^2 (73,9%), значительно ниже доля разнотравья — 149,5 г/м^2 (18,5%), масса бобовых — 14,6 г/м^2 (1,8%); остальное — ветошь.

3.4.2. Изменение вертикального распределения надземной фитомассы

Травостой контрольного участка низкорослый, изреженный, слабо расчлененный на подъярусы. Ко времени первого укоса распределение растений по высоте было таким: первый подъярус (до 50-60см) образуют генеративные побеги Festuca pratensis, Dactylis glomerata, Centaurea scabiosa; второй (20-30 см) — Anthoxanthum odoratum, Trifolium medium, Geranium sylvaticum, Alchemilla murbeckiana; третий — (10-20 см) — низкорослые виды, некоторые с ползучими надземными побегами — Ajuga

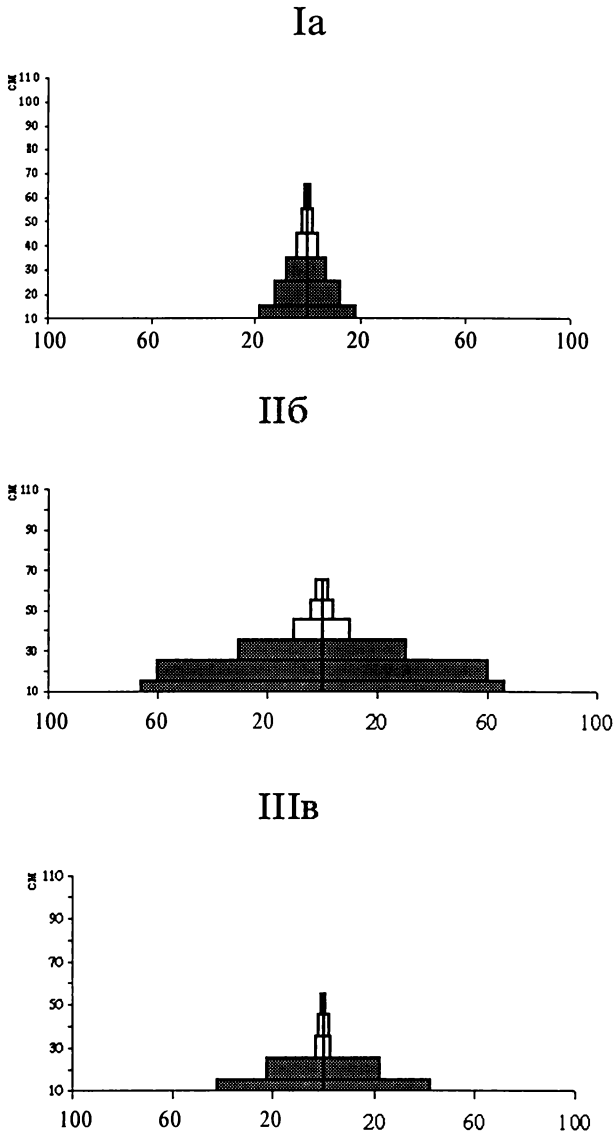
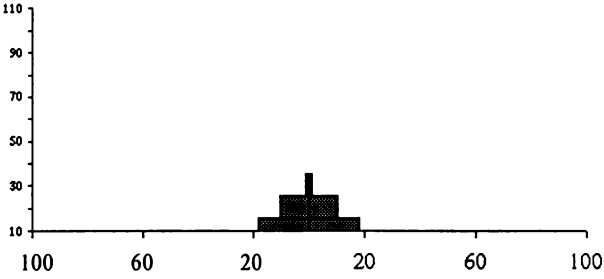


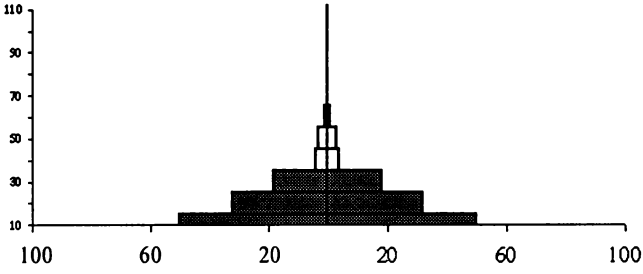
Рис. 21. Послойное распределение надземной фитомассы (г/м²) в конце третьего опыта (5-й год). I-VI — варианты опыта; а, б, в — первый, второй и третий укосы

Фитомасса: *1* и *1а* — надземная; *1а* — в том числе основная ее часть (85%)

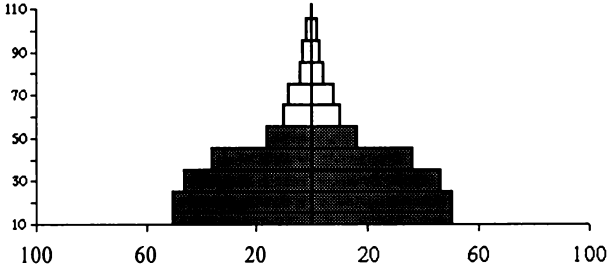
Iб


110
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100

IIIa

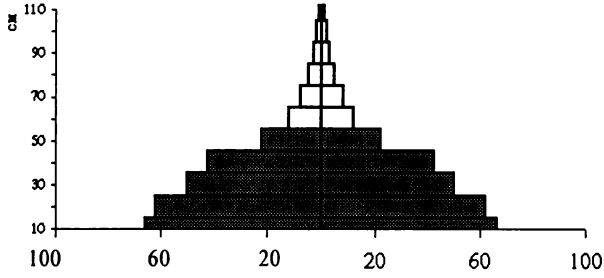

110
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100

IVa

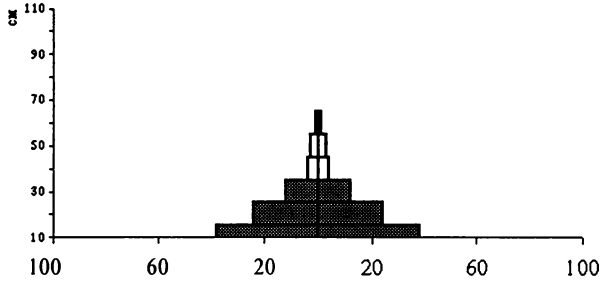

110
90
70
50
30
10
100
60
20
20
60
100

1
1a

IIб



IIIб



IVб

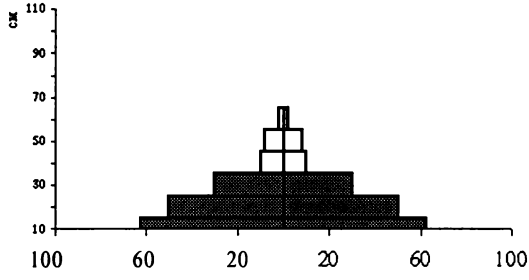


Рис. 21. (Продолжение)

reptans, Prunella vulgaris, Asarum europaeum. В целом для травостоя контрольного участка характерен укороченный вертикальный профиль с большой насыщенностью нижних горизонтов надземными органами растений. В горизонте до высоты скашивания (0-7 см) сконцентрировано 27,5% фитомассы травостоя. Перед вторым укосом высота травостоя составила всего лишь 30 см, причем в горизонте 0-7 см располагалось 42,4% фитомассы. В горизонте 10-20 см сосредоточено 36,6% от всей надземной фитомассы. Практически вся фитомасса (95,5%) расположена в приземных горизонтах на высоте до 20 см (рис. 21).

При внесении минеральных удобрений и двухкратном отчуждении (второй вариант) отмечены существенные изменения. Травостой становится более высокорослым, плотным, высота растений первого яруса достигает 100-110 см, его образуют генеративные побеги Dactylis glomerata, Festuca pratensis, Elytrigia repens. Первый (верхний) подъярус изрежен. Резко снижается доля фитомассы в приземном горизонте (0-7 см): в первом укосе — 14,9%, во втором — 21%, что существенно ниже, чем в контрольном варианте. Распределение фитомассы по вертикальному профилю более равномерное. Основная масса фитомассы (85%) в первом укосе сосредоточена в горизонте 0-50 см, а во втором — в горизонте 0-30 см.

В третьем варианте (ежегодное трехукосное использование) травостой скашивается в ранние фазы развития, он не превышает по высоте 50-60 см, основная масса трав находится в горизонте 0-25 см, причем более одной трети ее сосредоточено ниже уровня скашивания (0-7 см). В этом отношении третий вариант близок к контрольному, однако травостой более однороден, он в основном образован вегетативными хорошо облиственными побегами Poa pratensis, Festuca rubra, Achillea millefolium. При таком режиме использования снижается потенциал большинства растений, потери фитомассы в виде стерни по укосам достигают 35,5%.

Четвертый вариант (чередование по годам 2-х и 3-х укосного использования) по всем показателям близок ко второму варианту (ежегодное 2-х укосное использование). Распределение фитомассы по вертикальному профилю более равномерное, высота растений в первом укосе достигает 90-100 см. Сильно насыщен надземными органами растений горизонт 10-30 см, в нем сосредоточено до 50% всей надземной фитомассы. Основная масса травостоя (85%) расположена в горизонте 0-50 см. Во втором укосе высота растений значительно ниже, чем в первом, не пре-

вышает 60 см, причем увеличивается фитомасса в горизонте до высоты скашивания (0-7см) — 23,2%, что на 9,2% больше, чем при первом укосе. Основная часть фитомассы (85%) сосредоточена в горизонте 0-30 см.

3.4.3. Изменение продуктивности

При интенсивном использовании луговых травостоев большое значение приобретает выявление реакции на режимы использования ценозообразующих видов и их роли в формировании фитомассы. Один из главных критериев эффективного использования луга — сохранение его продуктивного долголетия.

В опыте прослежена динамика как общей продуктивности травостоя суходольного луга так и отдельных видов растений при 2-х — 3-х кратном использовании. Самая низкая продуктивность была получена в контрольном варианте, при ежегодном двухукосном использовании, без удобрений. На пятый год исследований она составила — 148,1 г/м^2, что на 41 г/м^2 меньше, чем в первый год. Основу травостоя образуют два вида — манжетка Мурбека и сныть обыкновенная. Отмечено увеличение фитомассы тысячелистника обыкновенного.

Во II варианте с ежегодным двухукосным использованием (по фону N_{180} P_{60} K_{90}), была получена максимальная продуктивность по всем годам наблюдений, она колебалась от 746,2 г/м^2 (1-й год) до 908,1 г/м^2(5-й год). Лидируют в травостое по продуктивности ежа сборная и пырей ползучий. Участие других видов в формировании фитомассы несущественно.

При ежегодном трехукосном использовании (III вариант) отмечены существенные изменения в общем запасе надземной фитомассы. Продуктивность была достаточно высокой в первые два года исследований, она составила 679,2 — 688 г/м^2. Начиная с третьего года исследований, наметилось активное снижение фитомассы, минимум ее получен на 5-й год наблюдений — 522,4 г/м^2. Основу травостоя формируют мятлик луговой и тысячелистник обыкновенный.

В IV варианте, при чередовании по годам 2-х — 3-х укосного использования, общая продуктивность травостоя в первые четыре года приближалась к значениям, полученным во втором варианте (при ежегодном 2-х укосном использовании), она достигла 754,3 — 891 г/м^2 . И только на пятый год наметилась тенденция к ее снижению — 808,2 г/м^2 . Доминируют в травостое по массе пырей ползучий и ежа сборная. Значительно увеличилась масса мятлика лугового.

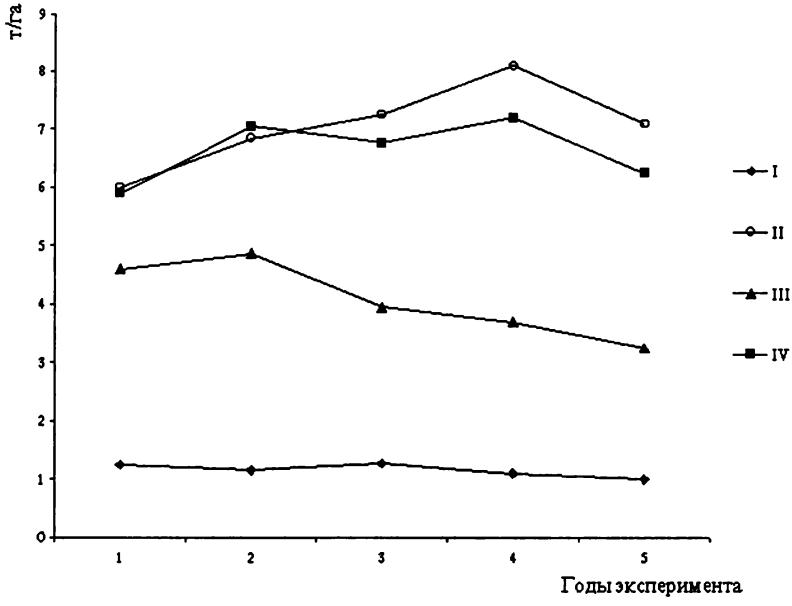


Рис. 22. Погодичная динамика урожайности (т/га) в ходе третьего опыта. I-IV варианты опыта

В опыте была выявлена зависимость урожайности от кратности скашивания травостоя. Как видно из рис. 22, в контрольном варианте (без удобрений) урожайность травостоя в течение всех пяти лет эксперимента была самой низкой, она достигла минимальной величины — 0,96 т/га. Средняя урожайность в этом варианте составила 1,13 т/га.

В варианте с ежегодным двухукосным использованием (на фоне N_{180} P_{60} K_{90}) была получена самая высокая урожайность. В первый год исследования урожайность составила 6 т/га, прибавка по сравнению с контролем достигла 4,77 т/га (388%). Максимальная урожайность отмечена на четвертый год эксперимента — 8,15 т/га, прибавка — 7,03 т/га, что составило 628% к урожайности, полученной в контрольном варианте. Средняя урожайность за пятилетний период достигла 7,1 т/га, а средняя прибавка — 5,97 т/га. Хотя в целом во все годы эксперимента урожайность была стабильно высокой, на пятый год произошло некоторое её снижение (по сравнению с четвертым годом она уменьшилась на 1 т/га).

В III варианте, где проводилось ежегодное трехукосное использование (на фоне N_{180} P_{60} K_{90}) урожайность колебалась от 3,29 до 4,8 т/га. В первый год исследований урожайность была достаточно высокой по сравнению с контролем — 4,62 т/га, прибавка составила 3,39 т/га, однако она была существенно ниже, чем во втором варианте при двухукосном использовании. Особенно резкие различия отмечены на четвертый год исследований, когда разница в урожайности между вторым и третьим вариантом была максимальной — 4,42 т/га. Для этого варианта характерно прогрессирующее снижение урожайности, ее минимум отмечен на пятый год — 3,29 т/га, тогда как во втором варианте урожайность в это же время составила 7,12 т/га. Несмотря на довольно высокую обеспеченность питательными веществами (N_{180} P_{60} K_{90}), травостой при трехукосном использовании испытывает сильное угнетение. Скашивание растений в ранних фазах развития ведет к резкому снижению в травостое высокопродуктивных кормовых трав, таких как ежа сборная, овсяница луговая, тимофеевка луговая. На смену им приходят виды, лучше переносящие многократную дефолиацию, это, как правило, низовые менее продуктивные злаки — мятлик луговой, овсяница красная, полевицы и ряд видов из группы разнотравья, что естественно негативно сказывается на урожайности травостоя суходольного луга.

Чередование по годам двух- и трехукосного использования луга (IV вариант) дало возможность получать высокий урожай трав в течение всех лет исследования. В первые два года величина урожая была приблизительно такой же как и во втором варианте (двухукосное использование). Однако начиная с третьего года, наметилось отставание, составившее на пятый год 0,88 т/га.

3.4.4. Общие замечания

На основе полученных нами данных можно прийти к заключению, что под влиянием интенсивного сенокосного использования (на фоне N_{180} P_{60} K_{90}) в флористическом и агроботаническом составе травостоя суходольного луга происходят значительные изменения.

При 2-х укосном использовании в травостое существенно повышается доля ценных кормовых злаков (ежа сборная, тимофеевка луговая, пырей ползучий), вытесняющих малоценные виды разнотравья, снижается процент вредных и ядовитых трав.

При ежегодном 3-х укосном использовании ценные кормовые травы угнетены, видовое разнообразие травостоя сокращается более чем на треть. В то же время преимущество получают виды, менее требовательные к условиям произрастания, и как правило менее продуктивные (тысячелистник обыкновенный, подорожник большой и т.д.).

Чередование 2-х и 3-х укосного использования обеспечивает поддержание продуктивности травостоя на достаточно высоком уровне, во всяком случае в течение первых пяти лет. По числу и составу видов, соотношению агроботанических групп травостой в этом варианте в первые годы близок к тому, который формируется при 2-х укосном использовании. Однако со временем более отчетливо выступают преимущества 2-х укосного варианта (по сравнению с другими вариантами интенсивного сенокосного использования травостоя суходольного луга).

Многоукосное использование лугов, связанное с многократным отчуждением травостоя в ранние фазы развития растений получает в последнее время все большее распространение. Опытами многих исследователей установлено, что, с одной стороны, это иногда позволяет получать корм высокого качества, богатый протеином, витаминами, важнейшими зональными элементами (Веселовский, 1977; Горина, 1982; Мерзлая и др., 1982; Прохорова, 1980), с другой стороны многократное отчуждение травостоя за вегетационный период истощает травы, изменяет взаимоотношения растений в фитоценозе, травостой изреживается, а семенное размножение большинства видов, формирующих фитоценоз, подавляется (Куркин, 1984; Смелов, 1974; Якушев, Кобыльченко, 1983). При этом получают преимущество виды, способные длительно размножаться вегетативным путем (Смелов, 1974). И.П. Минина (1972) отмечает, что на режимы использования лугов прежде всего реагируют виды растений, наиболее ценотически активные в данных условиях среды.

Влияние интенсивного использования на фитоценоз настолько велико, что даже при посеве одной и той же травосмеси, но при разных режимах использования, формируются луговые сообщества, существенно отличающиеся друг от друга (Андреев, Любимова, 1982).

Наши опыты показали, что многоукосное использование лугов с внесением больших доз удобрений хотя и дает кратковременный эффект в виде прибавки урожая, но в дальнейшем ведет к упро-

щению флористического состава и травостоя, а следовательно и к снижению его кормовой ценности, а также сопровождается большим загрязнением окружающей среды.

Восстановление истощенных лугов и дальнейшее их использование более целесообразно проводить в одноукосном режиме путем внесения умеренных доз удобрений; при этом с наименьшими затратами достигается наибольший экономический и экологический эффект, сохраняется генофонд луговой флоры.

Глава 4

СТРАТЕГИЯ СОХРАНЕНИЯ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО И ЦЕНОТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛУГОВ В РЕЖИМЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

4.1. Происхождение луговой флоры и роль человека в формировании луговых фитоценозов

Луговая флора сформировалась в ходе длительного исторического процесса на открытых, свободных от леса местах, где по разным причинам была ослаблена конкуренция со стороны древесных растений. Поэтому виды травянистых растений, образующие луговые сообщества, не выдерживают конкуренции деревьев и кустарников. Условия для формирования луговой флоры наиболее благоприятны в речных долинах (там безлесье поддерживается более или менее длительным затоплением во время паводков), а также в горах близ верхней границы леса, где произрастание деревьев и кустарников ограничивает недостаточная обеспеченность теплом в сезон роста. Однако в доисторическую эпоху и на суходолах время от времени спорадически возникали безлесные или покрытые редкостойным лесом поляны (в местах ветровала, бурелома, накопления мощной толщи снега или выхода грунтовых вод), где могли формироваться светолюбивые травянистые мезофиты, впоследствии вошедшие в состав луговой и лугово-лесной флоры.

В Центральной Европе человек стал оказывать влияние на ландшафт уже в начале каменного века, когда он заселил более сухие и теплые области лёсовых равнин. В бронзовом веке он проник в более влажные, тогда еще лесистые области (Gazda, 1985). Начиная с этого времени, в результате вырубки деревьев и расчистки от кустарников и подроста, вблизи поселений появились луговые поляны с богатым по видовому составу травостоем, в состав которого вошли многие виды злаков, бобовых и разнотравья, пришедших из леса. С развитием скотоводства истребление лесов усилилось.

В историческую эпоху в лесной, а отчасти и в лесостепной зонах в местах, где лес был вырублен, уже на значительно больших площадях сформировались сообщества суходольных лугов. Их существование поддерживалось благодаря деятельности человека

(выпас, сенокошение, расчистка от кустарников и древесного подроста). В случае умеренного хозяйственного использования такие луга сохраняли относительно богатый флористический состав и достаточно высокий уровень продуктивности в течение длительного времени. Растянутый срок сенокошения ручным способом обеспечивал возможность созревания семян луговых трав и самообсеменения травостоя.

В большинстве своем луга, которые принято считать естественными, фактически испытали значительное воздействие человека или созданы при его участии и поддерживаются им. По Маарелу (Maarel, 1975), их нужно считать «созданными человеком естественными экосистемами» (man-made natural ecosystems).

Пользуясь терминологией Вестхофа (Westhoff, 1952), существующие экосистемы и растительные сообщества можно отнести к следующим категориям: естественные, квазинатуральные (почти естественные), семикультурные (полукультурные) и культурные.

Естественные луга сформировались без участия человека, не испытали и не испытывают на себе какого-либо существенного его влияния, но могут подвергаться воздействию диких травоядных животных.

Квазинатуральные сообщества представлены лугами, затронутыми выпасом и сенокошением. В составе их травостоя преобладают растения, характерные для естественных лугов, однако имеется устойчивая примесь сопутствующих человеку синантропных видов (Potentilla anserina, Plantago media, Trifoloium repens и др.).

К семикультурным относятся луговые сообщества, естественные в своей основе, в состав которых путем подсева (так называемое поверхностное улучшение) введены культивируемые компоненты — более ценные в кормовом отношении виды трав (Festuca pratensis, Phleum pratense, Bromopsis inermis и др.).

Культурные луговые сообщества — это сеяные луга, созданные в результате коренного улучшения при полном уничтожении ранее существовавшего здесь естественного травостоя. Обычные компоненты сеяных лугов — Phleum pratense, Festuca pratensis, Bromopsis inermis, Poa pratensis, Trifolium pratense. Такие сообщества нуждаются в постоянном уходе, в том числе в ежегодном внесении удобрений. В этом случае они могут существовать 15-20 лет и более. Но без ухода кормовая ценность травостоя сеяных лугов утрачивается через 3-5 лет, они становятся малопродуктивными и деградируют.

Поскольку естественные луга в строгом смысле этого слова встречаются очень редко, мы принимаем расширенную трактовку этого термина, включая в это понятие и близкие к ним квазикультурные луга.

Создавая сеяные луга, человек в какой-то степени имитировал высокопродуктивные природные луговые сообщества, отбирая из их состава наиболее пригодные для культивирования компоненты. Еще древние римляне умели создавать сеяные луга на почвах, пригодных для распашки. Однако, в отличие от поликомпонентных квазинатуральных, сеяные луга моно- или олигокомпонентны.

4.2. Негативные последствия воздействия человека — сокращение площади и снижение продуктивности естественных лугов

Как и другие типы растительности, а иногда и в большей мере, луга подвержены антропогенным изменениям. Это приводит к глубоким преобразованиям растительного мира: обеднению генетических ресурсов, постепенному стиранию самобытных, исторически обусловленных региональных черт флоры, уменьшению флористического богатства и экологического разнообразия растительных сообществ (Горчаковский, 1979, 1984). В ходе антропогенной деградации при чрезмерных нагрузках на месте растительных сообществ, прежде представлявших большую и разностороннюю хозяйственную ценность, нередко возникают бесплодные или низкопродуктивные пустыри. В этом случае восстановление первоначального растительного покрова становится невозможным даже при полном исключении этих участков из хозяйственного использования, а рекультивация их требует больших затрат сил и средств.

Антропогенные изменения неблагоприятно отразились на состоянии лугопастбищных угодий нечерноземной зоны России, где во многих районах, в том числе и на Среднем Урале, где кормовая база животноводства не только недостаточна, но и неуклонно ухудшается. Это выражается как в **сокращении площади** естественных сенокосов и пастбищ, так и в **снижении** их **продуктивности**.

Причины **сокращения площади** естественных лугов (пойменных и суходольных) разнообразны. Что касается *пойменных* лугов, то их ресурсы были подорваны, главным образом, в связи с созданием водохранилищ и связанной с этим регулировкой речного стока.

Значительная часть речных пойм, где прежде существовали наиболее продуктивные луга, оказалась затопленной. Вследствие зарегулирования стока, забора воды из прудов для орошения и технических нужд, гидрологический режим речных пойм коренным образом изменился. Ослабла интенсивность паводков; часть речных долин, прежде подвергавшихся заливанию во время весеннего половодья, вышла из паводкового режима или стала заливаться паводковыми водами лишь на более короткий период. В связи с этим некоторые вышедшие из паводкового затопления участки речных пойм, где прежде существовали луга, теперь распаханы для возделывания сельскохозяйственных культур или заросли кустарниками.

Площадь *суходольных* лугов сократилась в связи с распашкой луговых земель, переводом их под посевы сельскохозяйственных культур (картофель, зерновые и т.п.), появлением на месте лугов жилых домов, хозяйственных комплексов и промышленных сооружений, зарастанием лугов кустарниками и подростом древесных растений, а в некоторых случаях — в связи с созданием сеяных лугов на месте естественных.

Снижение продуктивности естественных лугов — результат их длительной нерациональной эксплуатации. Луг представляет собой биогеоценоз с исторически сложившимся составом травостоя, с присущим ему биологическим круговоротом. Как при сенокосном, так и при пастбищном использовании лугов, из их биологического круговорота ежегодно изымается значительная часть фитомассы. Эти потери во многих случаях не компенсируются или компенсируются лишь частично, что приводит к постепенному истощению лугов.

Тенденцию сокращения площадей и снижения продуктивности лугов можно проследить на примере Свердловской области, где за последние 50 лет площадь всех категорий природных лугов уменьшилась вдвое (с 1,5 млн. га до 800 тыс. га), а площадь лугов сенокосного использования — приблизительно в 3,5 раза (с 400 до 120 тыс. га). Значительная часть лугов заросла кустарниками и подростом деревьев и переведена в лесной фонд. За это время урожайность снизилась вдвое (теперь она составляет в среднем по области 0,7-0,8 т/га), а валовой сбор фитомассы приблизительно в 8 раз. Согласно имеющимся данным, большая часть естественных кормовых угодий Свердловской области находится в неудовлетворительном состоянии: залесены 16%, закустарены 5,9%, закочкарены 12%, засорены ядовитыми травами

10,4%, сильно сбиты с крайне низкой продуктивностью 17,7%. Природные луга области мелкоконтурны: средняя площадь контура сенокоса1,7, а пастбища 4,8 га. Потенциал естественных кормовых угодий освоен недостаточно: реальная продуктивность лугов составляет лишь 10-30% потенциальной. Заготовки кормов осуществляются в основном с пахотных земель.

Утрата и истощение естественных кормовых угодий чреваты многими негативными последствиями. Деградация лугов сопровождается не только снижением их продуктивности, но и общим обеднением их флоры, изменением ее видового состава. Основные виды луговых трав, обладающие высокой кормовой ценностью и продуктивностью, заменяются малоценными в кормовом отношении синантропными видами; в травостой внедряются непоедаемые и ядовитые растения. При этом происходит раздробление популяций, уменьшение генетического разнообразия и даже вымирание отдельных видов дикорастущих луговых трав.

4.3. Оптимизация соотношения между естественными и культурными лугами

В ходе антропогенной трансформации растительного покрова изменяется соотношение между основными категориями луговых угодий: возрастает доля культурных и семикультурных лугов, сокращается доля естественных. Если такая тенденция будет продолжаться, может произойти полная утрата ресурсов естественных лугов. Среди агрономов бытует мнение, что исчезновение природных лугов не грозит катастрофой: ведь на их месте можно создать более продуктивные искусственные луга. Однако полная замена естественных лугов культурными не может решить проблему создания прочной кормовой базы животноводства.

Культивируемые экосистемы, в том числе и луговые, значительно проще естественных и сохраняют устойчивость только до тех пор, пока их регулирует человек (обработка почвы, внесение удобрений, борьба с вредителями и сорняками). Если участие человека в функционировании культивированной экосистемы прекращается, она обычно быстро разрушается и гибнет. Поддержание высокой продуктивности культурных фитоценозов сопряжено с трудоемкой агротехникой.

Культурные луговые фитоценозы (сеяные луга) чрезвычайно однообразны по составу компонентов, набор видов в них невелик, стандартен и нередко случаен. В фитоценозах сеянных лугов име-

ются незанятые ниши, быстро заполняющиеся сорняками, борьба с которыми создает дополнительные трудности. Это малоустойчивые по отношению к внешним воздействиям системы, требующие больших затрат на их создание и поддержание на удовлетворительном уровне продуктивности. Они быстро вырождаются, разрушаются через 5-7 лет, а иногда через 3 года после их создания. Продуцируемая такими лугами фитомасса однообразна по составу питательных веществ и менее ценна в кормовом отношении. К тому же, ограниченный видовой состав травостоев культурных лугов часто служит причиной нарушения обмена веществ и заболевания травоядных травоядных животных (Мельникова, Смирнов, 1972; Уразаев, 1981).

Напротив, естественные луговые фитоценозы поликомпонентны, в их состав входит много видов злаков, бобовых и разнотравья. Экологические ниши в них заполнены исторически сложившимся набором видов, что создает преграду для внедрения растений, этим фитоценозам обычно не свойственных. Естественные луга — саморегулирующиеся системы; от культурных и семикультурных они выгодно отличаются богатством флористического состава, пригнанностью составляющих их видов растений к местному комплексу природных условий и друг к другу, а следовательно, большей устойчивостью по отношению к внешним воздействиям, что является результатом всего их исторического развития. При благоприятных условиях естественные луга могут существовать в течение многих столетий. Для поддержания их на уровне потенциальной продуктивности не требуется больших затрат сил и средств. Продуцируемая такими лугами фитомасса представляет собой полноценный корм, разнообразный по составу аминокислот, углеводов, липидов, органических кислот, минеральных солей и микроэлементов. В кормах, полученных с естественных сенокосов и пастбищ, содержится больше питательных и биологически активных веществ, чем в одновидовых посевах трав (Мовсисянц, 1976).

Следует также иметь в виду, что генетические ресурсы луговой флоры освоены еще недостаточно. В культуру введены лишь немногие виды, обычно представленные только одной или несколькими формами внутривидового ранга, хотя в природе разнообразие форм очень велико и среди них могут быть обнаружены такие, которые по своим полезным свойствам превосходят уже введенные в культуру. Не следует забывать, что виды и сорта луговых растений, используемые теперь для создания сеяных лугов, взя-

ты из природной луговой флоры. Свойства многих видов и форм, встречающихся в природе, еще не раскрыты, потенциальные возможности их введения в культуру не установлены. Истребление естественных луговых сообществ, сопровождающееся вымиранием некоторых входящих в их состав видов, может повлечь за собой невосполнимую утрату потенциальных возможностей использования их полезных свойств.

Нет оснований отрицать необходимость создания сеяных лугов. Однако полная замена естественных лугов культурными нецелесообразна. Известно, что страны — крупнейшие экспортеры мяса и молочных продуктов — имеют большие площади не только культурных, но и естественных кормовых угодий. Нужно стремится к созданию гармоничного соотношения между этими двумя категориями лугов. Для каждого природного региона, в соответствии с его естественно-историческими и социально-экономическими условиями, должна быть найдена своя рациональная формула соотношения между естественными (в той или иной степени окультуренными) и сеяными лугами. Сохранение потенциала естественных лугов, определенной их доли в растительном покрове того или иного природного региона, создаст благоприятные условия для сохранения генофонда луговой флоры во всем ее разнообразии, возможность заготовки семян луговых трав для расширенного воспроизводства кормовых угодий, а также отбора и введения в культуру новых перспективных видов и форм кормовых травянистых растений.

4.4. Генетические резерваты луговой флоры, режим их охраны и использования

Сокращение площади сенокосов и пастбищ в ходе земледельческого освоения территории, высокие уровни антропогенных нагрузок приводят к обеднению и истощению луговой флоры, содержащей в своем составе много ценных в кормовом отношении растений, вызывают обеднение генетического разнообразия важнейших компонентов естественных кормовых угодий.

Обеднение ресурсов луговой растительности и необходимость их охраны отмечают ботаники и луговеды, проводившие исследования на северо-востоке европейской части России (Мартыненко, 1989), в средней ее полосе (Шилов, 1986), на Украине (Балашов, 1983), в Белоруссии (Ким, 1983) и в Сибири (Куминова, 1981; Алексеенко, Десяткин, 1983).

Чешский ботаник Я.Газда (Gazda, 1988) отмечает, что в Центральной Европе под влиянием интенсивного использования с применением минеральных удобрений прежде существовавшие луга богатого флористического состава, содержащие много видов бобовых и других двудольных, становятся все более и более однообразными, с небольшим набором видов. Вследствие внесения высоких доз азотных удобрений происходит постепенное снижение урожайности и ухудшение кормовой ценности травостоя. Это приводит к необходимости распахивать луговые угодья и создавать на их месте сельскохозяйственные культуры. В настоящее время лишь горные луга остаются последним хранилищем генофонда луговых трав.

Для успешного развития скотоводства необходимо обеспечить в лугопастбищном хозяйстве состав кормов, сбалансированный по основным элемента питания. Этой задаче отвечает сохранение и воспроизводство поликомпонентных луговых фитоценозов сенокосного и пастбищного использования. Отсюда возникает необходимость создания в каждом районе, в каждом крупном хозяйстве, генетических резерватов луговой флоры. В резерваты должны быть включены участки наиболее продуктивных и богатых по видовому составу квазинатуральных луговых сообществах, отражающие их потенциал в данном районе.

Назначение таких резерватов — обеспечить сохранение видового и формового разнообразия луговой флоры в данном регионе и одновременно служить базой для заготовки семян кормовых травянистых растений (если это необходимо, то с применением механизированных методов) для расширенного воспроизводства кормовых угодий — создания культурных луговых фитоценозов, улучшения низкопродуктивных.

Возникает вопрос, какой режим должен быть установлен для генетических резерватов лугов, следует ли исключить их из хозяйственного использования?

Наблюдения показывают, что при снятии антропогенных нагрузок суходольные луга лесной зоны зарастают кустарниками и лесом, что сопровождается локальным вымиранием представителей луговой флоры. Это можно хорошо проследить на примере Висимского заповедника (Средний Урал), где около 30% флоры высших растений приходится на долю луговых видов. Как показали наблюдения на Малинской биологической станции в Московской области (Работнов, 1978), на некосимом лугу из года в год

обедняется видовой состав сообществ, в то время как на косимом участке сохраняется значительное разнообразие злаков и разнотравья, прежний состав доминантов, остается без изменения уровень продуктивности сообществ.

В Хоперском государственном заповеднике (Уразаев, 1981) исключение из хозяйственного использования заболоченных и пойменных лугов низкого и среднего уровня повлекло за собой обеднение их видового состава, повышение роли крупностебельных осок и разнотравья, снижение кормовой ценности травостоя. При длительном заповедании происходит заболачивание таких лугов и зарастание их лесом. За последние 35 лет площадь пойменных лугов в заповеднике сократилась в 1,5 раза; по мнению изучавших эти луга ботаников, причина такого явления — прекращение сенокошения.

Отсюда следует, что абсолютное заповедание генетических резерватов привело бы к нежелательным последствиям, не решает проблему сохранения их флористического разнообразия. Наилучшие результаты могут быть достигнуты в том случае, если в таких резерватах охрана от нежелательных воздействий будет сочетаться с режимом умеренного хозяйственного использования. Для них необходимо установить режим использования, соответствующий тем условиям, при которых они формировались и существовали, с учетом исторически сложившейся в данном районе у местного населения практики лугопастбищного хозяйства. В генетических резерватах лугов можно проводить сенокошение, регулируемый выпас скота, заготовку семян луговых трав. Т.А.Работнов рекомендует проводить на заповедных лугах умеренное сенокошение с внесением фосфорных и калийных удобрений в небольших дозах (Работнов, Насимович, 1982).

4.5. Принципиальные основы экологического мониторинга лугов сенокосного и пастбищного использования

В целях сохранения и воспроизводства поликомпонентных естественных луговых фитоценозов необходима организация экологического мониторинга луговой растительности — службы слежения за ее состоянием, параметрами состава и продуктивности, динамическими тенденциями.

Задача мониторинга состоит в том, чтобы на основе регулярных наблюдений за лугопастбищными угодьями давать детальную

информацию об их состоянии и динамических тенденциях, сигнализировать о всех случаях, когда антропогенные нагрузки на растительные сообщества превышают допустимую норму, возникает опасность резкого снижения их продуктивности, создается угроза вымирания ценных видов растений. На основании этих сигналов тревоги, с учетом всех данных, получаемых в ходе мониторинга, соответствующие организации и ведомства, занимающиеся использованием растительности, должны принимать решения, направленные на изменение режима эксплуатации луговых биогеоценозов, восстановление их потенциальной продуктивности.

В арсенал средств мониторинга входят: дистанционная индикация и визуальные наблюдения с борта искусственных спутников Земли, самолетов, вертолетов, наземные визуальные наблюдения, взятие ботанических проб, закладка учетных площадок, картирование растительности. Служба мониторинга сенокосов и пастбищ может быть вневедомственной, осуществляющей контроль за использованием их ресурсов в масштабе всей страны, и внутриведомственной, ведущей наблюдения за использованием ресурсов в пределах отдельных хозяйств.

Опорную систему мониторинга составляют эталонные участки растительности, станции и пикеты. Эталонные участки включают в себя наиболее сохранившиеся и продуктивные фитоценозы, отражающей разнообразие потенциальной луговой растительности данного региона, а станции и пикеты — растительные сообщества, находящиеся на тех или иных стадиях антропогенной трансформации.

Под потенциальной принято понимать ту растительность, которая может сформироваться в данном месте через определенный промежуток времени в случае исключения или значительного ограничения хозяйственного использования (Tüxen, 1956). Это не только эталон природы, образец того, какой более продуктивный естественный покров может существовать в данном районе, но и целевой объект рационального хозяйственного использования.

Эталонные участки ограничиваются в натуре и предназначены для использования в системе мониторинга в течение длительного времени. Они служат образцами наиболее продуктивных и богатых по видовому составу естественных лугов, отражают их потенциал в данном районе, являются опорными объектами для сравнительной оценки уровня изменений других луговых сообществ, затронутых антропогенными изменениями.

Эталонные участки по степени их репрезентативности подразделяются на базовые и вспомогательные, а по возможности экстраполяции данных — на региональные и локальные. Базовый эталонный участок отражает все разнообразие основных категорий лугов, встречающихся на данной территории, а вспомогательный — комбинацию нескольких категорий лугов (например, только пойменных), или лишь один тип луга. Данные регионального участка могут быть распространены на целый ботанико-географический район или на несколько районов, а локального — лишь на более ограниченную территорию.

Если в данном регионе имеются генетические резерваты луговой флоры, то они также могут быть использованы в качестве эталонных участков.

Для эталонных участков необходимо установить специальный режим охраны и использования, обеспечивающий поддержание их состава, структуры и продуктивности, на них при определенных условиях можно проводить сенокошение, регулируемый выпас скота, заготовку семян луговых трав, внесение невысоких доз минеральных удобрений.

Станции предназначены для использования лишь в течение нескольких (на пример, 3-5) лет, а пикеты — лишь в течение одного полевого сезона.

В основе мониторинга лугов лежит выявление степени различия между потенциальной растительностью, представленной на эталонных участках, и реальным состоянием растительности на станциях и пикетах. Эталонные участки служат нулевой точкой отсчета при сопоставлении с растительными сообществами, в той или иной мере подвергшихся деградации.

Для оценки уровня антропогенной трансформации луговой растительности можно использовать такие критерии, как общее число синантропных видов по отношению к общему видовому составу, процент фитомассы, образованной синантропными видами, по отношению ко всей надземной фитомассе, разрыв между потенциальной и реальной продуктивностью.

Об уровне трансформации травяных растительных сообществ можно также судить и по результатам популяционно-экологического анализа их основных компонентов. Наиболее уязвимыми элементами региональных флор обычно оказываются эндемичные, реликтовые, а также некоторые полезные растения (декоративные, лекарственные, пищевые). Для того чтобы своевременно принять

меры по спасению редких и исчезающих растений, нужно знать состояние их популяций. При этом следует учитывать плотность, численность популяций, их возрастную структуру, динамику, реакцию на антропогенные воздействия.

Для территорий, охваченных мониторингом, необходимы геоботанические карты актуальной и потенциальной растительности, а также серии ретроспективных и прогнозных карт. Прогнозные карты должны отражать вероятный характер растительного покрова, который сформируется на данной территории через 20-50 лет при разных уровнях антропогенных нагрузок (современном, в 2-3, 5-7 раз выше современного). Прогнозные карты предупреждают о реальной опасности необратимых изменений растительности при антропогенных нагрузках, превышающих допустимый уровень.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Естественные луга, распространенные в пределах лесной зоны на равнинах и низких уровнях гор, а также в речных поймах, представляют собой хрупкие экосистемы, относительная стабильность которых сохраняется лишь при условии умеренного сенокосного или пастбищного использования. Возрастающие антропогенные нагрузки, когда они превышают допустимый уровень, приводят к деградации лугов, обеднению их флористического состава, внедрению синанатропных видов растений, резкому снижению стабильности и продуктивности.

В связи с усиливающимся истощением, сокращением площади, обеднением флористического состава естественных лугов большое значение приобретает разработка научных основ их охраны. Необходимо осуществить более углубленное изучение закономерностей антропогенной деградации различных категорий лугов в разных ботанико-географических районах, разработку методов оценки уровня их антропогенной трансформации, выявление предельно допустимых нагрузок на луговые биогеоценозы.

Все имеющиеся данные свидетельствуют о преимуществах луговых фитоценозов богатого флористического состава по сравнению с культурными лугами, в состав которых входят лишь несколько видов трав. Поэтому, наряду с культурными лугами, в каждом регионе должны быть сохранены массивы естественных лугов. Особую актуальность приобретает создание сети генетических резерватов — хранилищ гено- и ценофонда луговой растительности, формового разнообразия основных ее компонентов, а также научное обоснование и соблюдение режимов неистощительного использования лугов. К числу проблем первостепенной важности относится также разработка и совершенствование методов локального и регионального экологического мониторинга сенокосов и пастбищ применительно к отдельным ботанико-географическим зонам и районам.

Попытки восстановления и повышения продуктивности истощенных лугов путем внесения минеральных удобрений во многих случаях были неудачными, так как осуществлялись эмпирически, исходя из концепции «чем больше удобрений, тем выше урожай».

Нередко удобрения вносились без учета происхождения луга, его современного состояния и степени деградации.

Польская исследовательница лугов М.Грыня (Grynia, 1988) на основании многолетних опытов, проведенных в период с 1962 по 1985 гг., приходит к выводу, что длительное внесение азотных удобрений в больших дозах вызывает общее обеднение луговой флоры, а при очень высоких дозах азота происходит внедрение в травостой синантропных видов Taraxacum officinale, Leontodon autumnalis, Plantago major, Elytrigia repens, Achillea millefolium и др.

Стремление достичь максимальной продуктивности путем интенсификации использования (несколько укосов в год) и внесения высоких доз удобрений влечет за собой обеднение флористического состава, формирование упрощенной ярусной структуры (не обеспечивающей полного использования ресурсов местообитания), неблагоприятное соотношение агроботанических групп травостоя, снижение сбалансированности кормов по содержанию основных элементов питания. Из травостоя выпадает ряд весьма ценных в кормовом отношении видов, происходит утрата генетических ресурсов луговой флоры. Внесение высоких доз удобрений обычно дает лишь кратковременный эффект: созданный таким путем травостой после снятия удобрений быстро деградирует. Кроме того, при высоких дозах удобрений происходит загрязнение окружающей среды, так как значительная часть удобрений стекает в водоемы, отравляя их, а также накапливается в почве.

Наиболее долгосрочный экономический и экологический эффект достигается при восстановлении и поддержании луга в режиме рационального использования, на уровне его потенциальной продуктивности с применением умеренных доз удобрений. При этом сохраняется исторически сложившееся флористическое богатство, формируется структура лугового биогеоценоза, наиболее соответствующая местным природным условиям., за счет более совершенной вертикальной дифференциации травостоя и корневых систем полнее используется ресурсы местообитания (солнечная радиация, вода и растворенные в ней минеральные вещества). Травостой становится более высокорослым и сомкнутым. Конкурентные взаимоотношения между растениями изменяются в пользу аборигенных видов, наиболее приспособленных к местным условиям среды. Механизмы саморегуляции лугового сообщества реализуются более полно, что обеспечивает поддержание достаточно высокой его продуктивности в течение длительного времени.

SUMMARY

Anthropogenic transformation and restoration of productivity of meadow phytocoenoses

P.L. Gorchakovsky

The monograph deals with the peculiarities of anthropogenic transformation of natural dry and bottomland meadows under the influence of grazing and haymaking. Stages of degradation of meadows owing to excessive anthropogenic pressing were elaborated. Degradation of meadow phytocoenoses is considered as one of symptoms of more general process — synanthropization of vegetational cover which manifests itself in impoverishment of floristic composition, reinforcement of position of apophytes and anthropophytes, reduction of productivity and stability. The original method of assessment of state of meadow phytocoenoses in different stages of degradation and regeneration (the method based on determination of participation of synanthropic species in floristic composition and above-ground biomass) was used.

ЛИТЕРАТУРА

Алексеенко Л.Н., Десяткин Р.В. Об охране растительности аласов Центр. Якутии с целью повышения их продуктивности// Тез. докл. VII делегат. съезда Всесоюз. ботан. об-ва. Л., 1983. С. 289-290.

Алтунин Д.А. Удобрение сенокосов и пастбищ в нечерноземной зоне. М.: Россельхозиздат, 1983. 144с.

Андреев Н.Г., Любимова Е.Е. Ценотическая активность многолетних трав при различных режимах их использования и нормах удобрений// Изв. ТСХА. 1982. Вып. 2. С. 47-53.

Балашов Л.С. О состоянии охраны лугов в УССР и ее задачах// Тез. докл. VII делегат. съезда Всесоюз. ботан. об-ва. Л., 1983. С. 291.

Веселовский П.И. Влияние кратности укосов на урожайность торфяных лугов в зависимости от уровня удобрения//В кн.: Материалы XII междунар. конгр. по луговодству. М., 1977. С. 269-271.

Горина Э.Д. Продуктивность многолетних злаковых трав и качество корма в зависимости от режима использования сенокосов// Изв. ТСХА. 1982. Вып. 2. С. 54-61.

Горчаковский П.Л. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли// Ботан. журн. 1979. Т. 64, №12. С. 1697-1714.

Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование// Экология. 1984. №5. С. 3-16.

Горчаковский П.Л., Абрамчук А.В. Пастбищная деградация пойменных лугов и ее оценка по доле участия синантропных видов// Там же. 1983. №5. С. 3-10.

Горчаковский П.Л., Абрамчук А.В. Основы охраны и экологического мониторинга луговой растительности//Продуктивность сенокосов и пастбищ. Новосибирск, 1986. С. 25-28.

Горчаковский П.Л., Абрамчук А.В. Изменеие флористического состава пойменных лугов в ходе антропогенной трансформации // Рациональное использование ихрана растительного мира. Свердловск, 1991. С. 3-15.

Горчаковский П.Л., Абрамчук А.В. Формирование и деградация суходольных лугов под влиянием выпаса и сенокошения//Экология. 1993. №4.С. 3-13.

Горчаковский П.Л., Абрамчук А.В. Пастбищная толерантность растений суходольных лугов// Там же. 1996. №5. С. 335-340.

Гребенщикова Н.В., Работнов Т.А. Влияние агротехнических приемов на состав фитоценозов сеянных суходольных лугов // Вестн. Моск. ун-та. Сер. биол., почвовед. 1974, № 1. С. 57-64.

Демин А.П. Подземная масса луговой растительности р.Оки и воздействие на нее удобрений // Бюлл. МОИП, сер. биолого. 1970, №6. С. 79-85

Дмитриев С.И., Игловиков В.Г., Конюшков Н.С., Раменский В.М. Растения сенокосов и пастбищ. М.: Колос, 1982. 195 с.

Ким Г.А. Принципы охраны луговой растительности в БССР// Тез. докл. VII делегат. съезда Всесоюз. ботан. об-ва. Л., 1983. С. 296-297.

Клапп Э. Сенокосы и пастбища. Пер. с нем. М.: Сельхозидат, 1961. 613 с.

Конюшков Н.С. Влияние выпаса на растительный покров луга //Бюл. Ин-та лугов и пастбищ им. В.Р. Вильямса. М., 1930. №5.

Котт С.А. Сорные растения и меры борьбы с ними. М.: Сельхозиздат, 1955. 384с.

Куминова А.В. Природоохранное значение рационального использования естественных кормовых угодий//Охрана растительного мира Сибири. Новосибирск. 1981. С. 153-159.

Куркин К.А. Биологические основы интенсивного использования луговых травостоев//Интенсификация лугопастбищного хозяйства. Сб. науч. тр. Всесоюзного института кормов. М., 1984. Вып. 30. С. 30-32.

Ларин И.В. Луговодство и пастбищное хозяйство. Л.: Колос, 1969. 550 с.

Ларин И.В. (ред.). Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР. М: Сельхозиздат, 1950 — 1956. Т. 2. 1951. 984 с.Т. 3. 1956. 859с.

Мальцев А.И. Сорная растительность СССР. М.: Сельхозгиз, 1932. 272 с.

Мартыненко В.А. Флористический состав кормовых угодий европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1989. 136 с.

Матвеева Е.П. Биологическая продуктивность лугов СССР//Растительные ресурсы. 1974. №4. С. 473-489.

Мерзлая Г.Е., Нечушкин В.В. и др. Влияние числа укосов и распределения сезонной нормы азота на продуктивность злакового травостоя в условиях Калининской области//Изв. ТСХА. 1982. Вып. 5. С. 35-39.
Минина И.П. Луговые травосмеси. М. 1972. 287 с.
Мовсицянц А.П. Использование сеяных и естественных пастбищ. М.: Колос, 1976. 272 с.
Прохорова Т.А. Продуктивность злаковых трав при многоукосном использовании в зависимости от уровня минеральных удобрений//Докл. ТСХА. 1980. Вып. 259. С. 123-125.
Работнов Т.А. Изучение структуры травостоев на сенокосах и пастбищах// Методика опытных работ на сенокосах и пастбищах. М., 1961. С. 88-93.
Работнов Т.А. Изучение травяных биогеоценозов// Программа и методика биогеоценологических исследований. М., 1966. С. 299-312.
Работнов Т.А. Влияние минеральных удобрений на луговые растения и луговые фитоценозы. М.: Наука, 1973. 178 с.
Работнов Т.А. Суходольный луг как биогеоценоз. М.: Наука, 1978. 84 с.
Работнов Т.А. Луговедение. — 2-е изд.. М.: Наука, 1978а. 84 с.
Работнов Т.А. Экспериментальная фитоценология. М.: Изд. МГУ, 1998. 239 с.
Работнов Т.А., Насимович А.А. О заповедном режиме в травяных биогеоценозах/ /Бюл. МОИП. Отд. биол. 1982. Т. 87, вып. 4. С. 110-111.
Симонов. И.П., Трушин В.Ф., Елькин И.В. Сорные растения. Свердловск: Средне-Уральск. кн. изд. 1987. 64 с.
Смелов С.П. Теоретические основы луговодства. М.: Колос, 1966. 336 с.
Смелов С.П. Вопросы биологии некоторых злаковых трав в связи с практическими задачами луговодства//Пастбища и сенокосы СССР. М., 1974. Вып. 9. С.44-56.
Соколов Н.С., Чесалин Г.А. Сорняки и меры борьбы с ними. М.: Сельхозгиз, 1952. 80 с.
Уразаев Н.А. Ветеринарно-гигиенические аспекты оценки пастбищных биогеоценозов//Тез. Всесоюз. совещ. по пробл. агрофитоценологии. Ижевск, 1981. С. 81.
Фисюнов А.В. Сорные растения. М.: Колос, 1984. 32 с.
Шилов М.П. Состояние, использование, оптимизация и охрана естественных сенокосов и пастбищ Нечерноземной зоны РСФСР// Продуктивность сенокосов и пастбищ. Новосибирск, 1986. С. 85-89.
Шлякова Е.В. Определитель сорно-полевых растений Нечерноземной зоны. Л.: Колос, 1982. 208 с.
Якушев Д.В., Кобыльченко Е.С. Побегообразование и продуктивное долголетие компонентов луговых травостоев в зависимости от режимов использования удобрений//С.-Х. биология. 1983. №9. С. 48-51.
Gazda J. Die Wiesen, ihre Vergangenheit und Zukuft// Sympos. «Synantropic Flora and Vegetation», V Martin, 1998. P. 315-319.
Grynia M. Floristic changes in meadow communities in dependance on the fertilization level// Ibid. P. 315-319.
Collins S.L. The mesurement of stability in grassland// Trends Ecol. and Evol. 1995. Vol. 10, №3. P. 95-96.
Falinski J.B. Synanthropization of plant cover. I1. Synanthropic flora and vegetation of towns connected with their natural condition, history and function//Mat. Zakl. Fitosoc. Stosowanej U. W. Warszawa; Bialowiesa, 1971. Vol. 2. P. 21-37.
Falinski J.B. Synantropizacja szaty roslinnej-proba okreslenia istoty procesu i glownych kieruncow badan// Phytocoenosis. 1972. Vol. 1. №3. P. 157-170.
Kornas J. Man's impact upon the flora: processes and effects// Memorabilia zoologica. 1982. Vol. 37. P. 11-29.
Kostrowicki A.S. Synanthropization as result of environmental transformation// Ibid. P. 3-10.
Maarel E. van. der. Man-made natural ecosystems in environmental management and planning// Unifying concept in ecology. The Hague, 1975.
Olaczek R. Synanthropization of phytocoenoses//Memorabilia zoologica. 1982. Vol. 37. P. 93-112.
Westhoff V. De Betekenis van naturgebieden voor wetenschap en practijk. Brochure Contactcie//Natuuren Landschapsbescherming. Amsterdam, 1952. S. 87-103.
Tüxen R. Die heutige potentielle naturliche Vegetation als Gegenstand
des Vegetations Kartierung//Angew. Pflansensoziol. Stolzenau/Weser. 1956. Vol. 13. S. 5-42.

CONTENTS

Introduction 5

Chapter 1. Transformation of dry meadows under the influence of haymaking and grazing 6

1.1. Methods of research 8

1.2. Levels of synanthropization of dry meadows 9

1.3. Objects of research 10

1.4. Changes in floristic composition and structure of meadow plant communities 13

1.5. Changes in productivity 22

1.6. Changes in ratio of life forms 30

1.7. Seed productivity of some plants resistant with respect to grazing 31

1.8. Adaptive properties of meadow plants ensuring their grazing tolerance; levels of tolerance 34

1.9. General peculiarities of anthropogenic transformation of dry meadows 37

Chapter 2. Degradation of bottomland meadows under the influence of grazing 40

2.1. Bottomland meadows in the Chusovaya river valley 40

2.1.1. Meadows of high flood plain 42

2.1.2. Meadows of middle flood plain 47

2.1.3. Meadows of low flood plain 49

2.1.4. Ratio of ecological and coenotic groops . . . 50

2.1.5. Changes in productivity 51

2.2. Bottomland meadows in the Ambarka river valley 58

2.2.1. Changes in floristic composition and structure of meadow plant communities . . . 59

2.2.2. Changes in productivity 65

2.3. General peculiarities of grazing degradation of bottomland meadows 67

Chapter 3. Restoration of potential productivity of dry meadows 69

3.1. Objects and methods of research 69

3.2. Experiment 1 — influence of different kinds of fertilizers separately as well as in different combinations 79

3.2.1. Changes in floristic and agrobotanical composition of the grass stand 79
3.2.2. Reaction of different species of meadows plants upon mineral fertilizers 89
3.2.3. Changes in vertical distribution of above-ground and underground phytomass 92
3.2.4. Changes in productivity 98
3.2.5. General remarks 101
3.3. Experiment 2 — influence of different doses of nitric fertilizers against a phosphoric-potash background 102
3.3.1. Changes in floristic and agrobotanical composition of the grass stand 102
3.3.2. Changes in vertical distribution of above-ground and underground phytomass 109
3.3.3. Changes in productivity 116
3.3.4. Influence of fertilizers on the moss cover of dry meadow 118
3.3.5. General remarks
3.4. Experiment 2 — influence of intensive use (2 or 3 cuts during a year) against a nitric-phosphpric-potash background 120
3.4.1. Changes in floristic and agrobotanical composition of the grass stand 120
3.4.2. Changes in vertical distribution of above-ground and underground phytomass 127
3.4.3. Changes in productivity 132
3.4.4. General remarks 134
Chapter 4. Strategy of preservation of floristic and coenotic diversity of meadows in the regime of rational use .. 137
4.1. Origin of meadow flora and the role of man in formation of meadow phytocoenoses 137
4.2. Nzegative sequences of human activity — reduction of area and productivity of natural meadows 139
4.3. Optimization of racio between natural and cultural meadows 141
4.4. Genetic reserves of meadow flora, regime of their protection and use 143
4.5. Principal foundations of ecological monitoring of meadows of mowing and pasturable use 149
Conclusion 149
Summary 151
Literature cited 152

Научное издание

Павел Леонидович ГОРЧАКОВСКИЙ

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЛУГОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ

Технический редактор *Н.Гощицкий*

ЛР № 066028
от 28.07.98г.

Подписано в печать 12.07.99г. Формат 60x90 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Academy. Печать офсетная.
Усл. печ. листов 9,75 Тираж 300 экз. Заказ № 117
Типография УрО РАН.
Цена договорная.

Книга сверстана в издательстве «Екатеринбург».
620003, Екатеринбург, ул. Крестинского, 27/44.