

*Е. В. Миляева,<sup>1,2\*</sup> Н. П. Миронычева-Токарева<sup>2</sup>*

## **Продуктивность растений доминантов степных экосистем юга Западной Сибири**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, г. Новосибирск, Российская Федерация

\*e-mail: milek123@mail.ru

**Аннотация.** Анализ пространственной корреляции между видами показал, что запас растительного вещества в надземной и подземной сферах является результатом межвидового взаимодействия, а также выражением требований к условиям воздушной и почвенной среды, а также показал что, большинство видов не проявили скоррелированного поведения в распределении G и B на модельном участке. Структура доминирования динамична, и может изменяться под влиянием стрессирующих факторов, таких как выпас, каменистость почв и аридность. Как указывалось в литературном обзоре, в степях Хакасии без выпаса отмечено три вида, доминирующих в G и B, два из них имеют равное доленое участие в зеленой и подземной фитомассе. В экосистеме с умеренным выпасом доминируют три вида в надземном ярусе и четыре – в подземном. Вклад видов, доминирующих в обоих ярусах, одинаков для G и B. В экосистеме с сильным выпасом два вида доминируют в G и три – в B, все с различным долевым участием в надземном и подземном ярусах.

**Ключевые слова:** продуктивность, экосистемы, растительность, надземное и подземное, растительное вещество, доминанты

*E. V Milyaeva<sup>1,2\*</sup>, N. P. Mironycheva-Tokareva<sup>2</sup>*

## **Productivity of plants of the dominant steppe ecosystems of the south of Western Siberia**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Institute of soil science and Agrochemistry SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation

\*e-mail: milek123@mail.ru

**Abstract.** The analysis of spatial correlation between species showed that the supply of plant matter in the aboveground and underground spheres is the result of interspecific interaction, as well as an expression of requirements for the conditions of the air and soil environment, and also showed that most species did not show correlated behavior in the distribution of G and B in the model area. The dominance structure is dynamic, and may change under the influence of stressful factors such as grazing, stony soils and aridity. As indicated in the literature review, in the steppes of Khakassia, without grazing, three species were noted that dominate in G and B, two of them have an equal share in the green and underground phytomass. The ecosystem with moderate grazing is dominated by three species in the aboveground tier and four in the underground. The contribution of the species dominating both tiers is the same for G and B. In an ecosystem with strong grazing, two species dominate in G and three in B, all with different shares in the aboveground and underground tiers.

**Keywords:** productivity, ecosystems, vegetation, aboveground and underground, plant matter, dominants

### *Введение*

Степная зона с древнейших времен испытывает влияние хозяйственной деятельности человека, которое особенно усилилось в 19-20 веках, когда были распаханы огромные площади степей, а неудобья использовались в качестве пастбищ как сезонных (весна, осень) так и постоянных. В настоящее время только отдельные участки степей по своему видовому составу и структуре близки к естественным. Происходит упрощение строения растительного сообщества.

Структура запасов растительного вещества – одна из важнейших – характеристик экосистемы. Большие запасы зеленой массы и корней свидетельствуют о высокой интенсивности продукционного процесса, большие запасы мортмассы – о низких скоростях деструкционных процессов. По изменению соотношения запасов доминирующих злаков, полыней и осок можно судить об изменении скорости соиздания и разрушения растительного вещества. Продуктивность степных экосистем юга Западной Сибири достаточно хорошо изучена [3, 4, 6].

В настоящее время продолжено изучение растительности степных экосистем Юга Западной Сибири, которое включает в себя изучение динамики доминантов степных экосистем Сибири, находящихся под пастбищной нагрузкой [1, 2].

### *Материалы и методы исследования*

Степная растительность изучаемой территории связана с выщелоченными, обыкновенными и южными черноземами. Она представлена разнотравными, ковыльно-типчаковыми сообществами. Вейниково-разнотравные, злаково-полынные и бескильницево-полынные ассоциации развиваются на пониженных дренированных увлажненных формах рельефа [6].

Для детального изучения вклада доминирующих видов злаков в запасы надземных и подземных запасов растительного вещества взят участок в 4 км на юго-запад от дер. Кузнецовка (Баганский район).

Участок этот использовался хозяйством прежде для выпаса скота и частично для сенокосения (во влажные годы). Он представляет собой катену длиной 1173 м, полого спускающуюся к озеру Горькое. Элювиальная позиция представляет собой вершину гривы с небольшим березовым колком и фрагментом луговой степи в опушечной части.

На катене были выбраны шесть сменяющих друг друга сообществ. Первые три участка представляют собой различные фрагменты луговой степи. Проективное покрытие 80 %. Растительное сообщество трехъярусное. Верхний ярус (высота до 60 см) образуют генеративные побеги злаков (*Stipa capillata*, *Helictotrichon schellianum*, *Phleum phleoides*), второй ярус (высота до 30 см) – вегетативные побеги злаков и розетки разнотравья, третий представлен *Parmelia vagans*. Доминанты: *Helictotrichon schellianum* – 20 %, *Stipa capillata* – 10 %, *Festuca valesiaca* – 10 %, *Artemisia frigid* – 10 %, *Koeleria cristata* – 5 %, *Carex*

duriuscula – 5 %. Единично представлены: *Artemisia macranta*, *Astragalus sulcatus*, *Achillea nobilis*, *Androsace septentrionalis*.

Следующие два участка представляют собой типчаково-полынные сообщества. Доминанты: *Festuca valesiaca* – 30 %, *Artemisia pontica* – 20 %, *Artemisia frigid* – 10 %, *Koeleria cristata* – 10 %, *Limonium gmelinii* – 1 %, *Puccinella tenuissima* – 10 %, *Galatella biflora*, *Atriplex verrucifera*, *Artemisia nitrosa*.

В каждой изучаемой экосистеме закладывалась экспериментальная площадка (100x100 м) и на ней выделялось 10 квадратов (10x10 м), на которых проводилось геоботаническое описание по принятым методикам [8]. При описании давалась процентная оценка содержания доминантных видов, определялось проективное покрытие и регистрировалась вертикальная структура сообщества.

Во всех экосистемах была изучена структура РВ с обязательным выделением живых и мертвых подземных органов, по методике описанной ранее [6]. Для этого случайным образом закладывалась серия из десяти малых квадратов (50x50 см). На всех десяти квадратах надземная фитомасса срезалась на уровне почвы и с почвы собиралась подстилка (L). Ветошь (D) отделялась от зеленой фитомассы (G) и последняя разбиралась по видам. Подстилка отмывалась от почвы на ситах с диаметром ячеек 0,5 мм. Для определения запасов общего подземного растительного вещества и подземной массы отдельных видов растений в середине каждого квадрата специальным пробоотборником отбирался почвенный монолит (10x10x10 см).

В каждом почвенном монолите оценивалось количество живых (B) и мертвых (V) подземных органов. Запасы всех компонентов выражались в граммах на квадратный метр для определенного слоя почвы. Проба крупных корней разбиралась по видам. Разделение корневой массы по видовой принадлежности проводилось с помощью предварительно составленного гербария корневых систем растений. Для изучения пространственного и вертикального распределения РВ и были заложены два модельных участка по 1 м<sup>2</sup> экосистемах луговой и настоящей степи. Площадки были разделены: в первом варианте на 16 малых квадратов (25x25 см), во втором варианте – на 25 малых квадратов (20x20 см). Площадки были закартированы, на них определялось истинное проективное покрытие растительности [8]. В дальнейшем, с каждого малого квадрата отбирались G, D, L, почва удалялась послойно: 0-10, 10-20 см и т.д. до глубины 20 или 30 см. Надземная и подземная фитомасса высушивалась 24 ч. при 60°C и взвешивалась.

### ***Результаты исследования***

В изучаемых степных экосистемах, прежде всего изучалось сложение подземного растительного вещества. Верхний горизонт почвы (0-10 см) включает мортмассу, корневища, протягивающиеся на большие расстояния, узлы кущения, погруженные в почву, подземные проростки,двигающиеся к поверхности почвы, и корни, проникающие в каждый комочек почвы.

Наибольшее процентное содержание подземного растительного вещества определено в настоящей степи 6 %. Вклад узлов кущения минимален в луговой степи. Доля корневищ составляет около 5 % и наименьший их вклад отмечен в

настоящей степи (2 %). Живые корни лучше развиваются в верхнем десятисантиметровом слое луговой (42 %) и настоящей степях (35 %). С нарастанием стресс-факторов (аридность, выпас скота) происходит снижение долевого участия мелких живых корней в подземной растительной массе. Долевое участие мертвой фитомассы в разных степях различно. Содержание мортмассы возрастает в настоящей степи по сравнению с луговой.

Таблица 1

Доля различных категорий растительного вещества в подземном ярусе степных экосистем, %

Компоненты	Луговая степь	Настоящая степь
Подземная фитомасса, г/м <sup>2</sup>	610	980
Подземные стебли	3	6
Живые узлы кущения	9	17
Корневища	4	2
Живые крупные корни	33	20
Живые мелкие корни	14	15
Мортмасса – мертвое РВ	37	40

Вклад различных категорий в подземную фитомассу зависит от видового состава сообщества. Доминирование дерновинных злаков ведет к увеличению массы узлов кущения, доминирование полыни (*Artemisia frigida*) – к увеличению доли подземных стеблей, обилие осок – к увеличению доли корневищ.

Наши исследования (табл.2) показывают, что распределение РВ (G, D, L, B, V) в луговостепных фитоценозах изменяется под воздействием стрессирующего фактора – пастьбы скота. Запасы G уменьшаются от луговой степи (117 г/м<sup>2</sup>) к настоящей (62 г/м<sup>2</sup>). Как в луговых так и в настоящих степях запасы РВ падают с нарастанием степени аридности и усиления антропогенной нагрузки. Распределение запасов и изменения структуры РВ в степных экосистемах определяются условиями протекания продукционно-деструкционных процессов. Отношение запасов V/B – менее 1, что свидетельствует о превалировании процесса разложения мортмассы над ее накоплением. В аридных вариантах сухих степей процессы накопления и разложения подземного растительного вещества уравновешены, соотношение запасов V/B приближено к 1 [5, 7].

Статистический анализ показал (Табл. 2), что существует положительная корреляционная связь между распределением запасов G и B: чем больше запас G, тем больше масса в слое почвы. Корреляция между запасами B и V, G и L отсутствовала; хотя B является источником для V, а G – источником для L. Накопление L и V определяется как их поступлением из источников, так и ско-

ростями процессов разложения мортмассы. Последние, вероятно, в большей мере регулируют распределение мортмассы на поверхности почвы и в почве.

По характеру пространственного распределения надземного растительного вещества *G* и подземного растительного вещества *B* виды разделяются на три группы.

1. Виды, у которых распределение *G* и *B* в пространстве различно: на площадке имеется не меньше 10 % квадратов, где отсутствует надземная или подземная фитомасса данного вида.

Таблица 2

Запасы растительного вещества и в изучаемых степных экосистемах  
(усредненные данные, г/м<sup>2</sup>)

	Луговая степь			Настоящая степь		
	n	x	CV	n	x	CV
Gmax	7	116±116.8	37	21	93±7,9	38
D+L	7	206±70,5	84	21	182±14	34
B(0-20см)	7	1134±75,1	15	21	981±65	29
V (0-20см)	7	1354±331,6	55	21	1096±470	43
B+V	7	2581±297,3	28	21	2077±107	28
Gmax+D+L+B+V	7	2503±351,5	30	21	2351±170	32
Сорг (0-20см)	5	4270±30	16	8	2266± 94	12

*N* – число экосистем, *CV* – коэффициент вариации, *x* – среднее значение компонента, *G*max – максимальный запас *G*.

2. Виды, у которых распределение *G* и *B* качественно подобно, но количественно различается при сдвиге от одного квадрата к другому: *G* уменьшается, а *B* увеличивается или наоборот.

3. Виды, у которых распределение *G* и *B* качественно и количественно подобно.

Типичным представителем первой группы является *Carex duriuscula* с длинными корневищами, расползающимися по всей площади. Во вторую группу входит *Koeleria cristata*. Представителями третьей группы являются *Festuca valesiaca* и *Artemisia frigida*. Степень связи в пространственном распределении *B* и *G* индивидуального вида иллюстрируется коэффициентом корреляции между *G* и *B*. Нет существенной корреляции в распределении надземной и подземной фитомассы у осок. Распределение *G* и *B* коррелирует у всех злаков, за исключением *Koeleria cristata*. Коэффициент корреляции максимален для *Artemisia frigida* и *Festuca valesiaca*. Корреляция между общими запасами *G* и *B* в фитоценозе положительна, но имеет меньшую величину, чем коэффициенты корреляции для отдельных видов.

Анализ пространственной корреляции между видами, которая может быть результатом межвидового взаимодействия, а также выражением требований к условиям воздушной и почвенной среды, показал что, большинство видов не проявили скоррелированного поведения в распределении G и B на модельном участке.

В сукцессионных сообществах структура доминирования характеризуется разнородностью. На катене в позиции Эль доминантами выступают пять видов и только три из них – общие для G и B. На Транс-2 два вида из пяти доминируют в обоих ярусах, и на позиции Ак из четырех доминантов общие для G и B – только два.

Следовательно, в сукцессионных сообществах доминанты в надземном и подземном ярусах могут быть разными, а в сложившихся терминальных сообществах доминанты в G и B одинаковы.

### **Выводы**

Установлено, что структура растительного вещества в степных фитоценозах подобна, запасы живых подземных органов превышают зеленую фитомассу в 5-6 раз, B настоящих степях запас фитомассы изменяется от 70 г/м<sup>2</sup> до 160 г/м<sup>2</sup> в луговых. Запас живых и мертвых подземных органов колеблется от 350 до 780 г/м<sup>2</sup>. Распределение живых подземных органов растений по пространству зависит от распределения зеленой фитомассы, что подтверждается их прямой корреляционной связью. Распределение надземной фитомассы более гетерогенно, чем подземной.

Анализ пространственной корреляции между видами показал, что запас растительного вещества в надземной и подземной сферах является результатом межвидового взаимодействия, а также выражением требований к условиям воздушной и почвенной среды, а так же показал что, большинство видов не проявили скоррелированного поведения в распределении G и B на модельном участке.

Структура доминирования динамична, и может изменяться под влиянием стрессирующих факторов, таких как выпас, каменистость почв и аридность. Как указывалось в литературном обзоре, в степях Хакасии без выпаса отмечено три вида, доминирующих в G и B, два из них имеют равное доленое участие в зеленой и подземной фитомассе. В экосистеме с умеренным выпасом доминируют три вида в надземном ярусе и четыре – в подземном. Вклад видов, доминирующих в обоих ярусах, одинаков для G и B. В экосистеме с сильным выпасом два вида доминируют в G и три – в B, все с различным долевым участием в надземном и подземном ярусах/

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Горшкова А. А., Зарубина Г.М. Соотношение фитомассы надземных и подземных частей степных фитоценозов Забайкалья. – В кн.: Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. Л., 1971. С. 118 – 121.
2. Миляева .Е. В., Миронычева-Токарева Н.П. Мониторинг биоразнообразия лесостепных экотонных на примере Баганской лесостепи// Матер. XVIII Междунар. науч. конгресса «Ин-

терэкспо Гео-Сибирь 2022» (Новосибирск, 18–20 мая 2022 г.) – Новосибирск: СГУГиТ, 2022. – Т. 4. – С. 291–297.

3. Миронычева-Токарева Н.П., Шибарева С.В. Растительность и растительное вещество лугов лесостепной зоны юга Западной Сибири // VIII Международная научная конференция «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях» (Белгород, 22–25 октября 2019 г.). – Белгород: Издательский дом «Белгород», 2019. – С. 157-161 (0,4 п.л.).

4. Миронычева-Токарева Н.П. Динамика растительности при зарастании отвалов Н-ск. Наук, РАН, 1998. 171с.

5. Свешникова В.М Доминанты казахстанских экосистем: эколого-физиологическая характеристика. Л. Наука Ленингр. Отд. 1979.-192 с.

6. Титлянова А.А., Косых Н.П. Миронычева-Токарева., Н.П, Романова И.П.. Подземные органы растений в травяных экосистемах. – Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996, 125 с.

7. Шатохина Н.Г. Луговые степи и остепненные луга Западной Сибири// Биологическая продуктивность травяных экосистем. –Н-ск, Наука, Сиб.отд. 1988 –С- 32-42-

8. Шенников А.П. Введение в геоботанику. – Л.: изд-во ЛГУ, 1964. – 447 с.

© *Е. В. Миляева, Н. П. Миронычева-Токарева, 2024*