

УДК 911.2(571.51)

## ПРОДУКТИВНОСТЬ ФИТОМАССЫ ЛУГОВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НАЗАРОВСКОЙ КОТЛОВИНЫ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Дубынина С.С.

*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru*

Изучение особенностей формирования фитомассы луговых растительных сообществ Березовского ключевого участка Шарыповского района Назаровской котловины представляет важную часть исследований, главной целью которых являются изменения продуктивности фитомассы луговых сообществ при разных режимах использования. Изучаемый участок расположен в юго-западной части Назаровской котловины, в пределах Шарыповской депрессии, где основные земли занимают пашни; луга, пастбища и выгоны, леса; болота и заболоченные земли; застройки, дороги. Для развития природных систем, как показывают результаты климатических наблюдений, очень важно их соотношение и совместное влияние. Выявлены максимальные и минимальные запасы надземной, подземной массы в луговых фациях ключевого участка. Наглядно показаны флуктуации зеленой массы за вегетационный период в сообществах при разных режимах использования, где количество фитомассы по годам меняется в прямой зависимости от погодных условий, от местонахождения и внутренних свойств конкретного сообщества. На фоне климатических данных в течение исследуемого года установлены значительные изменения показателей фитомассы за вегетационный период, с мая по октябрь. Установлена ритмичность зеленой массы небольшие осадки, которые приводят к уменьшению контрастности показателей запасов зеленой массы в рассматриваемых сообществах. Максимальные запасы для большинства сообществ формируются в конце июля, в первой декаде августа, и этот максимум выражен более четко, в благоприятных условиях тепла и влаги, и зависит от увлажненности предшествующего года. Показаны значительные изменения величины мортмассы в разных луговых сообществах за вегетационный период, т.е. почти во всех сообществах наблюдается уменьшение от весны к лету и увеличение к осени. Отмершие побеги травостоя долго сохраняют вертикальное положение, затем переходят в подстилку и максимальный пик фиксируется в мае и октябре.

**Ключевые слова:** Назаровская котловина, Шарыповский район, микроклимат, продуктивность, функционирование, структура фитомассы

## THE PRODUCTIVITY OF THE PHYTO MASS OF MEADOW PLANT COMMUNITIES OF THE NAZAROVSKAYA BASIN UNDER DIFFERENT CONDITIONS OF USE

Dubynina S.S.

*Institute of geography V.B. Sochava SB RAS, Irkutsk, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru*

The study of the features of the formation of phytomass of meadow plant communities of the Berезovsky key area of the sharypovsky district of the Nazarovsky basin is an important part of the research, the main purpose of which is to change the productivity of phytomass of meadow communities under different modes of use. The studied area is located in the South-Western part of the Nazarovskaya basin, in the borders of Sharypovskiy depression, where the major land covers arable land; meadows, pastures and pastures, forests; marshes and wetlands; the construction of the road. For the development of natural systems, as shown by the results of climate observations is very important their ratio and joint influence. The identified maximum and minimum stocks of aboveground and underground mass of meadow facies key area. The fluctuations of green mass during the growing season in communities under different modes of use, where the amount of phytomass varies from year to year depending on weather conditions, the location and internal properties of a particular community, are clearly shown. Against the background of climatic data during the study year, significant changes in the phytomass indicators for the growing season, from may to October, were established. Set the rhythm of green mass of rain, which tend to reduce the contrast of inventory levels of green mass in the communities. Maximum reserves for most communities are formed in late July and early August, and this maximum is expressed more clearly in the most favorable conditions for the amount of heat and moisture, as well as depends on the moisture content of the previous year. Significant changes in the value of mormass in different meadow communities during the growing season are shown, i.e. almost all communities show a decrease from spring to summer and an increase by autumn. The dead shoots of the grass stand for a long time retain a vertical position, then move to the litter and the Maximum peak is fixed in may and October.

**Keywords:** Nazarovskaya hollow, Sharypovskiy district, microclimate, productivity, functioning, phytomass structure

Назаровская котловина относится к Верхнечулымской провинции Южно-Сибирской физико-географической области, на юго-западе и северо-востоке она граничит соответственно с Кузнецко-Алатауской и Красноярско-Канской провинциями [1]. Изучаемый участок расположен в юго-западной части Назаровской котловины, в пределах Шарыповской депрессии, где около 60 % площади занимают пашни; луга,

пастбища и выгоны – 20 %, леса – 12 %; болота и заболоченные земли – 3 %; застройки, дороги – 5 %.

Назаровская котловина, сформированная на нижнепалеозойском основании складчатых сооружений Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна, выполнена породами девона, карбона, юры и мела, которые перекрываются четвертичными отложениями небольшой мощности.

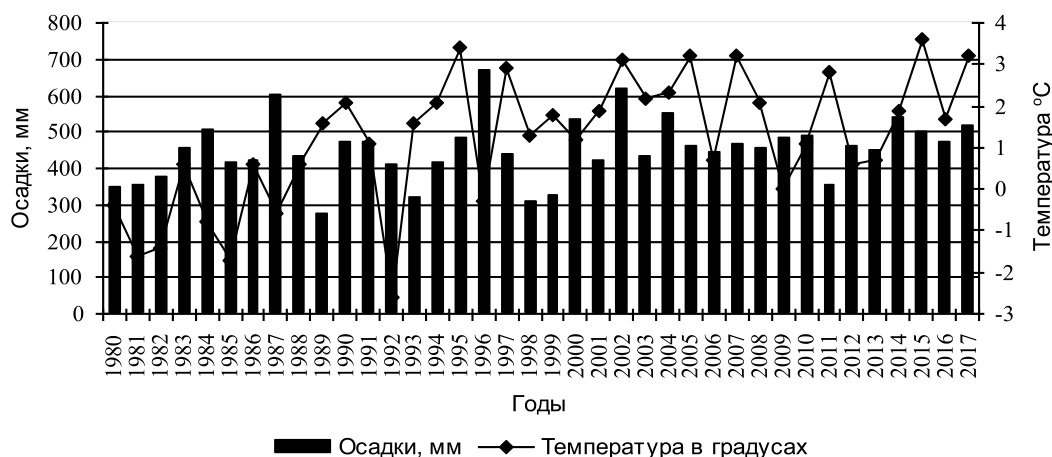


Рис. 1. Гидротермическая характеристика атмосферных осадков и температуры воздуха Шарыповского района (по данным метеостанции «Шарыпово»)

Почвенный покров впадины представлен следующими генетическими типами почв: черноземами; серыми лесными; дерново-лесными; лугово-черноземными; болотными; лугово-болотными; солонцами и солончаками. В южной части котловины – обыкновенные черноземы, серые лесные почвы занимают в основном северные и восточные склоны, покрытые березняками и смешанными высококравными лесами.

Леса молодые средневозрастные, III–IV класса бонитета, разнотравные, осоково-вейниково-разнотравные [2]. Луговые степи в основном представлены разнотравными формациями с подчиненной ролью злаков и примесью преимущественно луговых видов, требующих достаточного увлажнения. Значительную часть площади занимают лесные и суходольные луга, которые состоят из речных долин, луговых склонов и лесных полей. Определения запасов растительной массы проводились с 1981 по 2017 гг., геоботанические описания в биогеоценозах осуществлялись один раз в сезон и приурочены к периоду максимального развития травостоя (конец июля – начало августа). В целом для каждого сообщества получена качественная и количественная характеристика растительного компонента.

Цель работы – оценить особенности формирования запасов фитомассы луговых растительных сообществ на Березовском участке Шарыповского района Назаровской котловины при разных режимах использования.

#### Материалы и методы исследования

Климат отличается большой временной и незначительной пространственной измен-

чивостью. Средняя температура в январе –20 °С, в июле +18 °С (по данным метеостанции «Шарыпово»). Переход температуры через ноль происходит в первой половине апреля, осенью – во второй половине октября. Заморозки отмечаются в среднем с середины сентября до конца мая, продолжительность безморозного периода равна 100–120 дням. Вегетационный период продолжается с мая по октябрь. В равнинной части Назаровской котловины выпадает 350–550 мм осадков в год. По метеоданным станции «Шарыпово» с 1980 по 1999 гг. установлено, что максимум осадков в 1996 г., выпало 668 мм. Минимальная температура воздуха была отмечена –2,6 °С в 1992 г. с 2000 по 2017 гг. максимум осадков 618 мм отмечено в 2002 г. Самая низкая температура воздуха 0,0 °С, – в 2009 г. (рис. 1).

Для оценки биологической продуктивности фитомассы луговых растительных сообществ на Березовском участке используются показатели общего количества фитомассы, определяемые общепринятыми методами [3, 4]. Именно фитомасса характеризует многие особенности геосистемы, ее инерцию и динамические тенденции. При определении запасов фитомассы использованы следующие термины и их символы. Термин «фитомасса» нами используется как синоним массы растительного вещества – живых и мертвых органов надземной и подземной частей травостоя. Наряду с понятиями «запас фитомассы» мы применяем понятие «структура растительного вещества». Оно включает запасы всех компонентов растительного вещества и отношение этих запасов: зеленой массы (G), ее максимального запаса (Gmax), вето-

ши (D), подстилки (L). Ветошь и подстилка образуют мертвую надземную растительную массу (D + L), а вместе с зеленью – надземное растительное вещество (G + D + L). Подземная растительная масса (R + V) состоит из живых (R) и отмерших корней (V). Общий запас растительного вещества фитоценоза (Q) образован суммой надземной и подземной массы (G + D + L + R + V). Фитомасса – та масса живых и мертвых органов растений, которая находится на единице площади в момент измерения в г/м<sup>2</sup>. Надземная масса растений учитывалась на площадках размером 0,25 м<sup>2</sup> методом укосов в 3–5-кратной повторности с разбором на зеленую часть и отмершую (ветошь, подстилку). Камеральный период обработки полевых материалов: образцы надземной массы, высушенные до абсолютно сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 105<sup>0</sup>, взвешивались на электрических весах (ВЛТК-500). Проведенная статистическая обработка материала, собранного за многолетние исследования, показала, что для определения надземной массы достаточно 3–5 повторностей с площадок по 0,25 м<sup>2</sup>. Достоверность учета надземной массы составляет ±15%.

сообществ Шарьповского участка показана в табл. 1. Участки лугово-лесных сообществ сохранились в состоянии, близком к коренному. Лесной луг т. 2 и мезофитный луг т. 6 используются как сенокосные угодья. Остепненный луг т. 3 близок к лесному массиву, находится в естественном состоянии, периодически закашивается. Луг т. 5 с остепненно-луговой растительностью с 1986 г. находится в изолированном режиме (заповедный участок).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Изучение особенностей функционирования луговых сообществ: в естественных и изолированных условиях важен многосторонний учет всех процессов оборота фитомассы, складывающийся в зависимости от соотношения показателей тепло- и влагообеспеченности, а также от экологических условий каждого сообщества, от степени хозяйственного использования и видовой структуры травостоя [5, 6]. Разные по структуре и местоположению луговые биогеоценозы Березовского участка отличаются в целом сходными показателями запасов

Таблица 1

Характеристика луговых растительных сообществ Шарьповского участка

Растительное сообщество	Характеристика растительности
1	2
т. 2. Злаково-разнотравно-луговое с темносерой лесной луговатой глубоковскипающей тяжелосуглинистой почвой на двучленных отложениях	<i>Phleum pretense</i> , <i>Poa botryoides</i> , <i>Vicia unijuga</i> , <i>Trifolium pretense</i> , <i>Carex</i> , <i>Crepis sibirica</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Achillea millifolium</i> , <i>Geranium pseudosibiricum</i> , <i>Phlomis tuberosa</i> , <i>Plantago media</i> (в – min 20, max 120; п/п – 50–60).
т. 3. Злаково-разнотравное сообщество с черноземом обыкновенным луговатым маломощным тучным на карбонатных покровных суглинках степного класса фаций	<i>Phleum pretense</i> , <i>Poa botryoides</i> , <i>Vicia cracca</i> , <i>Trifolium pretense</i> , <i>Carex</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Achillea millifolium</i> , <i>Geranium pseudosibiricum</i> , <i>Phlomis tuberosa</i> , <i>Plantago media</i> , <i>Potentilla anserina</i> (в – min 20, max 100; п/п – 60–70).
т. 6. Злаково-бобово-разнотравно-мезофитный луг на лугово-черноземной мощной среднесуглинистой почве на покровных суглинках	<i>Calamagrostis pseudophragmites</i> , <i>Poa botryoides</i> , <i>Lathyrus gmelinii</i> , <i>Melissitus platycarpus</i> , <i>Vicia unijuga</i> , <i>Heraclium dissectum</i> , <i>Pleurospermum uralense</i> , <i>Chamaenerion angustifolium</i> , <i>Sanguisorba officinalis</i> , <i>Achillea millifolium</i> , <i>Rubus saxatilis</i> , <i>Equisetum pretense</i> (в – min 20, max 130; п/п – 90–100).
т. 5. Остепненно-луговое разнотравно-осоково-злаковое сообщество с черноземом обыкновенным на покровных карбонатных суглинках находится в заповедном режиме (огороженный участок)	<i>Poa botryoides</i> , <i>Elibrigia repens</i> , <i>Bromus inermis</i> , <i>Festuca pratensis</i> , <i>Trifolium repens</i> , <i>Trifolium pretense</i> , <i>Vicia cracca</i> , <i>Plantago media</i> , <i>Achillea millifolium</i> , <i>Geum aleppicum</i> , <i>Cirsium setosum</i> , <i>Potentilla anserina</i> , <i>Taraxacum officinale</i> , <i>Geranium sibiricum</i> , <i>Galium verum</i> (в – min 15, max 111; п/п – 100).

Примечание. в – высота травостоя, см; п/п – проективное покрытие, %.

Выбор луговых участков исследования обусловлен особенностями ландшафтной структуры и приоритетными направлениями хозяйственного использования территории. Характеристика растительных

растительного вещества и его распределением в надземных и подземных частях. Под влиянием меняющихся гидроклиматических условий в сообществах происходят существенные изменения фитомассы в течение

года. Вегетационный период начинается во второй декаде апреля, когда происходит устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°, а завершается в октябре (рис. 2). По данным метеостанции «Шарьпово» температура воздуха в апреле составляла +6°C с количеством осадков до 41 мм. С конца мая температура воздуха повысилась до +11°C, а осадки остались прежними. Максимальная температура воздуха наблюдалась в июне и июле до +18°C. В августе месяце выпало осадков в 2 раза больше, чем в июле (87 мм), самое большое их количество, до 103 мм, пришлось на сентябрь. В октябре температура воздуха еще положительная +1,3°C (количество осадков 37 мм).

За короткий вегетационный период в лесостепи Назаровской котловины в луговых сообществах, обусловленных теплом и влагой, прослеживается четкая ритмичность зеленой массы (рис. 3, а). Недостаток тепла, ощущаемый в начале вегетации, приводит к тому, что в мае зеленая масса составляет

6–8% на всех исследуемых сообществах. Общие запасы зелени начинают расти в июне с повышением температуры воздуха +18°C, достигая до 200 г/м<sup>2</sup>, тем не менее прирост зеленой массы сообществ лесного луга (т. 2) и остепненного (т. 3), находящихся близко к лесу, в июне запасы ниже, т.е. запаздывают по времени, чем на мезофитном (т. 6) и остепненном заповедном лугу (т. 5), где масса в июне достигает до 300 г/м<sup>2</sup>. Так в сообществе с остепненно-луговой-злаковой растительностью (заповедный участок, т. 5) пик накопления зеленой массы приходится на август, до 600 г/м<sup>2</sup>, за счет продуктивной влаги, которой было достаточно и за счет формирования генеративных побегов у раннелетних злаков. В сентябре началось дожди, которые сопровождалось понижением температуры и резким снижением зеленой массы на всех луговых сообществах. К концу вегетации запасы зеленой массы резко упали в связи с резким понижением температур воздуха в октябре.

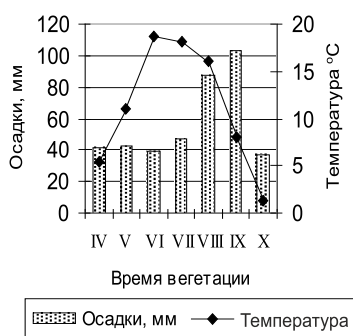


Рис. 2. Осадки и температура воздуха за вегетационный период 2017 г.

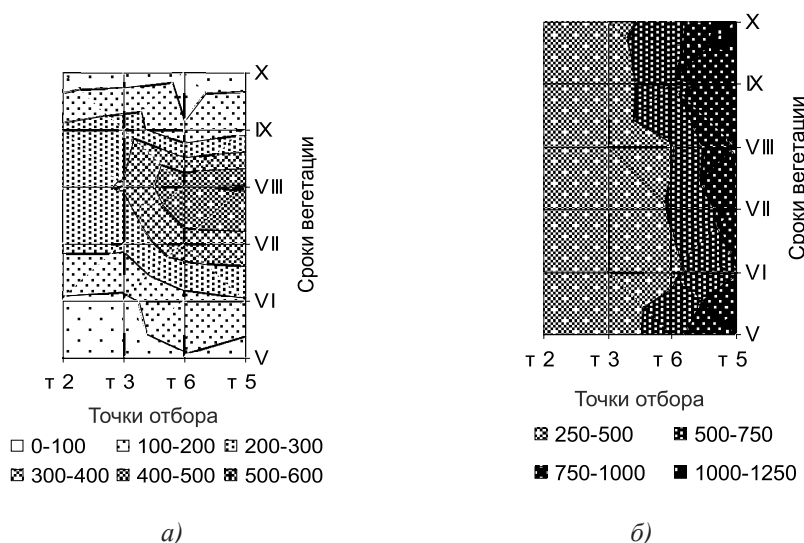


Рис. 3. а) сезонная динамика зеленой массы Березовского участка 2017 г., г/м<sup>2</sup>;  
 б) сезонная динамика мортмассы Березовского участка 2017 г., г/м<sup>2</sup>

Таблица 2

Средние запасы и структура растительного вещества в сообществах  
Березовского участка Назаровской котловины, 2017 г., г/м<sup>2</sup>

Показатель фитомассы	Условно-естественные сообщества			Заповедные
	т. 2	т. 3	т. 6	т. 5
G <sub>max</sub>	260	306	488	510
G	234	262	320	348
D + L	476	408	709	1191
G + D + L	710	670	1029	1539
Живые корни, R	680	549	1325	3158
Отмершие, V	651	801	1503	2479
Общие, R + V	1331	1357	1503	5637
G + D + L + R + V	2041	2027	2532	7176
	Соотношение запасов			
D + L / G	2,0	1,6	2,2	3,4
R / G	2,9	2,1	4,1	9,1
V / R	1,0	1,5	1,1	0,9
R + V / G + D + L	0,2	2,0	1,5	3,7

В любом спонтанно развивающемся растительном сообществе сохраняется определенное количество отмерших надземных органов растений, которое принято разделять на ветошь и подстилку. Количество ветоши в сообществе меняется и зависит от периодичности и интенсивности процесса отмирания побегов у разных видов, а также устойчивости отмерших побегов к разрушению. Отмершие побеги разных групп видов остаются на корню разное время. Мертвое вещество дерновинных злаков может сохраняться на корню 1,5–2 года. В сезонной динамике суммарных запасов мортмассы почти во всех сообществах наблюдается уменьшение от весны к лету и увеличение к осени (рис. 3, б).

Изменение запасов мортмассы идентично изменению продуктивности зеленой массы, но имеет противоположный ход. Максимальные запасы мортмассы приходятся на начало вегетации, минимальные – на июнь месяц. В июле, августе и сентябре запасы мортмассы находятся на одном уровне, а в октябре увеличиваются, так как зеленая масса отмирает и переходит в ветошь и затем, в процессе минерализации, поступает в подстилку. Каждое сообщество достигает максимума зеленой массы в разное время вегетации, и отмирание происходит тоже в разное время. Запасы мортмассы в лесном (т. 2) и остепненном (т. 3) лугу в течение всего вегетационного сезона колеблются от 250–500 г/м<sup>2</sup>. Запасы мортмассы в мезофитном лугу (т. 6) гораздо выше и значение ее достигает 500–750 г/м<sup>2</sup>, это зависит от струк-

туры травостоя и от интенсивности процесса разрушения, т.е. отмершие побеги травостоя долго сохраняют вертикальное положение, затем переходят в подстилку. Подобная закономерность прослеживается также и в других регионах, например, в луговых и степных сообществах Сибири и Казахстана [7]. Большие запасы мортмассы отмечаются в сообществе с остепненно-луговой-злаковой растительностью (заповедный участок, т. 5) от 750–1000 в мае, июле, августе и сентябре. Максимальный пик фиксируется в мае и октябре от 1000–1250 г/м<sup>2</sup>.

Особый интерес представляет изучение фитомассы растений, так как она в процессе своего накопления и преобразования связывает практически все компоненты изучаемых сообществ и характеризует многие особенности их структуры и функционирования (табл. 2).

Изменение запасов надземной массы и ее структуры в процессе восстановления растительного покрова затрагивает всю природную систему. Запасы  $G_{max}$  – возрастающая функция от доступной влаги в почве, так как увлажнение является основным фактором, определяющим  $G_{max}$ . Средние запасы зеленой массы составляли от 234 до 348 г/м<sup>2</sup>. Основная часть растительного вещества аккумулируется в мортмассе и в подземной части. Количество ежегодно накапливаемых мертвых растительных остатков зависит не только от того, сколькоросло зеленой массы, но и от погодных условий текущего года и прошлых лет. При скоплении мортмассы (ветоши и подстилки) меня-

ются режимы тепла и влаги в почвах и, соответственно, направленность изменений в растительном покрове. Если погодные условия не способствовали интенсивному разложению подстилки, то к весне следующего года накапливаются значительные запасы мортмассы 476–709, с максимумом в заповедном до 1191 г/м<sup>2</sup>. Участки лесных остепненных и мезофитных лугов, используемых под сенокосы и пастбища, сохранились в состоянии, близком к коренному. Запасы подземной массы в сообществах т. 2, т. 3, т. 4 колеблются от 1331 до 1503 г/м<sup>2</sup>, а подземная выше надземной массы в 3,7 раза на заповедном участке (т. 5) и отношение R / G в 9 раз больше. Основная масса живых органов состоит из корней злаков: пырея ползучего и мятлика лугового. Масса мертвых подземных органов представлена также корнями злаков. Исследования показали, что наименьшие запасы в подземной части, как правило, отмечаются в июле или в августе, тогда как в надземной части, наоборот, на эти периоды приходится максимум запасов надземной массы. Для каждой площадки характерны два пика максимальных запасов корней, который может приходиться на начало и конец вегетации. Поступившее мертвое вещество в сообществах должно компенсироваться его разложением, но в силу заповедного режима запас D + L превышал запас G до 3,4 раза, а отношение R / G в 9 раз.

### Заключение

Таким образом, на основании проведенных режимных наблюдений сделаны следующие выводы: динамика запасов фитомассы и ее структуры в процессе восстановления растительного покрова отражает ландшафтно-геофизические условия территории, находясь во взаимодействии с природными и заповедными факторами среды, и представляет один из важнейших функциональных показателей лесостепных сообществ. Установленный факт, что основная часть растительного вещества аккумулиру-

ется в мортмассе и в подземной части. Каждому сообществу свойствен свой вегетационный распорядок во времени, а также свой собственный режим, преодолевая резкие изменения климата, сообщества показывают общую устойчивость и выживаемость.

### Список литературы / References

1. Природа и хозяйство района первоочередного формирования КАТЭКа. Новосибирск: Наука, 1983. 259 с.  
Nature and economy of the area of priority formation КАТЭКа. Novosibirsk: Science, 1983. 259 p. (in Russian).
2. Дубынина С.С. Природно-антропогенная динамика растительного вещества лесостепных геосистем // Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов. Новосибирск: Наука, 2010. С. 64–80.  
Dubynina S.S. Natural and anthropogenic dynamics of vegetable substance of forest-steppe geosystems // Monitoring and forecasting of a material and dynamic condition of geosystems of the Siberian regions. Novosibirsk: Science, 2010. P. 64–80 (in Russian).
3. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1978. 182 с.  
Methods of studying of biological circulation in various natural zones. M.: Thought, 1978. 182 p. (in Russian).
4. Гаджиев И.М., Королюк А.Ю., Титлянова А.А., Андриевский В.С., Байартгогтох Б., Гришина Л.Г., Косых Н.П., Кыргыз Ч.О., Мироничева-Токарева Н.П., Романова И.П., Самбуу А.Д., Смелянский И.Э. Степи Центральной Азии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 298 с.  
Gadzhiev I.M., Korolyuk A.Yu., Titlyanova A.A., Andrievsky V.S., Bayartogtokh B., Grishin L.G., Slanting N.P., Kyrgyz Ch.O., Mironycheva-Tokarev N.P., Romanov I.P., Sambuu A.D., Smelyansky I.E. Steppes of Central Asia. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Science publishing house, 2002. 298 p. (in Russian).
5. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Особенности функционирования травяных экосистем // Доклады Академии наук. 2010. Т. 79. № 1. С. 75.  
Bazilevich N.I., Titlyanova A.A. Features of functioning of grass ecosystems // Doklady Akademii nauk. 2010. T. 79. No 1. P. 75.
6. Титлянова А.А., Шибарева С.В. Время оборота фитомассы в травяных экосистемах // Математическое моделирование в экологии: материалы пятой Национальной научной конференции с международным участием. 2017. С. 219–222.  
Titlyanova A.A., Shibareva S.V. Turn-around time for phytomass in grass ecosystems // Mathematical modeling in ecology: materials of the fifth National scientific conference with the international participation. 2017. P. 219–222 (in Russian).
7. Титлянова А.А., Шибарева С.В. Новые оценки запасов фитомассы и чистая первичная продукция степных экосистем Сибири и Казахстана // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 4. С. 43–55.  
Titlyanova A.A., Shibareva S.V. Phytomass stock and net primary production in the steppe ecosystems of Siberia and Kazakhstan // Izvestiya Rossijskoj akademii nauk. Seriya geograficheskaya. 2017. No 4. P. 43–55 (in Russian).