**ВЛИЯНИЕ ПАСТБИЩНОЙ НАГРУЗКИ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СУХИХ СТЕПЕЙ ТУВЫ**© 2020 А.А. Титлянова<sup>1</sup> , Ч.С. Кыргыз<sup>2</sup>, А.Д. Самбуу<sup>3</sup>

Адрес: <sup>1</sup>ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, проспект Академика Лаврентьева, 8/2, г.Новосибирск, 630090, Россия. E-mail: [argenta@issa-siberia.ru](mailto:argenta@issa-siberia.ru)

<sup>2</sup> АНО "Армия Ирбиса по сохранению редких и исчезающих видов животных", ул. Островского, 10-60, г.Кызыл, 667003, Респ. Тыва, Россия. E-mail: [chaizu@rambler.ru](mailto:chaizu@rambler.ru)

<sup>3</sup>Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, 667007, Респ. Тыва, Кызыл, ул Интернациональная, 117а. E-mail: [sambuu@mail.ru](mailto:sambuu@mail.ru)

**Цель исследования.** Изучение особенностей биологической продукции фитомассы в степных пастбищных экосистемах Тувы.

**Место и время проведения.** Продукционный процесс изучали в пяти пастбищных экосистемах, расположенных в Убсунурской котловине Тувы, в два периода (1998–2000 и 2008–2010 годы).

**Методология.** Полевые и лабораторные исследования биологической продуктивности пастбищных экосистем проводили с применением геоботанических, ботанических и экологических методов анализа.

**Основные результаты.** Изучение продукционных процессов под влиянием пастбищной нагрузки показало, что все величины, характеризующие продукционный процесс, меняются в зависимости от интенсивности пастбищной нагрузки и погодных условий года. Самая высокая пастбищная нагрузка была на пастбище Эрзин, а самая низкая – на пастбище Ямаалыг. На пастбище Эрзин запас живой фитомассы (G) во все годы наблюдений колебался в пределах 0,3–0,6 т/га, запас живых подземных органов (R) изменялся от 4,5 до 11, 5 т/га.

На пастбище Ямаалыг наименьший запас G составил 0,5 т/га, а самый высокий – 1,1 т/га; а минимальный и максимальный запасы R – 7,8 и 20,1 т/га, соответственно. Следовательно, на пастбищах как с самой высокой (Эрзин), так и с самой низкой нагрузкой (Ямаалыг,) запасы растительного вещества в годовой динамике (в течение 6 лет) могут меняться в 2–3 раза. Еще сильнее варьируют величины продукции. Надземная продукция (ANP) на пастбище Эрзин изменялась от 0,4 до 1,2 т/га в год, то есть в 3 раза. На пастбище Ямаалыг ANP изменялась от 1,2 до 2,0 т/га в год. Изменение подземной продукции (BNP) шире, чем изменения надземной: от 2,7 до 24,5 т/га в год.

Выявлены основные характеристики продукционного процесса в зависимости от погодных условий и пастбищной нагрузки. На одном и том же пастбище (Ончалаан) в зависимости от погодных условий надземная продукция ANP может меняться в 4 раза (от 3,7 до 0,9 т/га в год), подземная продукция BNP – также в 4 раза (от 4 до 18 т/га в год). Более устойчивым оказалось пастбище с высокой пастбищной нагрузкой, где ANP меняется от 0,4 до 0,8 т/га в год, а BNP – от 5 до 8 т/га в год. Показано, что сезонные гидротермические условия (теплая и влажная осень предшествующего года и дождливое лето текущего сезона) способствуют увеличению надземной продукции. Проанализированы пространственная и временная изменчивость показателей продуктивности. Установлено, что для таких показателей, как максимальный запас зеленой фитомассы, величина надземной продукции и запас мертвой подземной фитомассы пространственная изменчивость несколько больше временной. Показано, что в оба периода самая высокая надземная продукция обусловлена летними обильными дождями. Меньшие изменения величин продукции на пастбище с очень высокой нагрузкой объясняются, по-видимому, высокой устойчивостью к стравливанью доминирующих видов травостоя на данном пастбище.

**Заключение.** Установлено, что величины запасов растительного вещества изменяются в меньшей степени, чем величины продукции. Особо резкими изменениями в разные годы отличается подземная продукция. Повышение величины ANP практически всегда сопровождается снижением запасов живых подземных органов растений и часто уменьшением величины BNP, что связано с особенностями круговорота азота. Величина подземной продукции чрезвычайно изменчива и не соответствует динамике надземных органов. Наивысшая величина подземной продукции в 2008 году не объясняется погодными условиями и связана, вероятно, с повышенным поступлением солнечной радиации. Изменчивость величины подземной продукции гораздо выше, чем надземной. Не найдено прямой зависимости между величиной BNP и погодными условиями. Несмотря на различные методы определения параметров продукции фитомассы, их изменчивость в пространстве и во времени приблизительно одинакова.

**Ключевые слова:** продуктивность; чистая первичная продукция; запасы фитомассы; надземная продукция; подземная продукция; травяные экосистем; пастбищная нагрузка

**Цитирование:** Титлянова А.А., Кыргыз Ч.С., Самбуу А.Д. Влияние пастбищной нагрузки и погодных условий на продуктивность сухих степей Тувы // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 2. е113. doi: 10.31251/pos.v3i2.113

## ВВЕДЕНИЕ

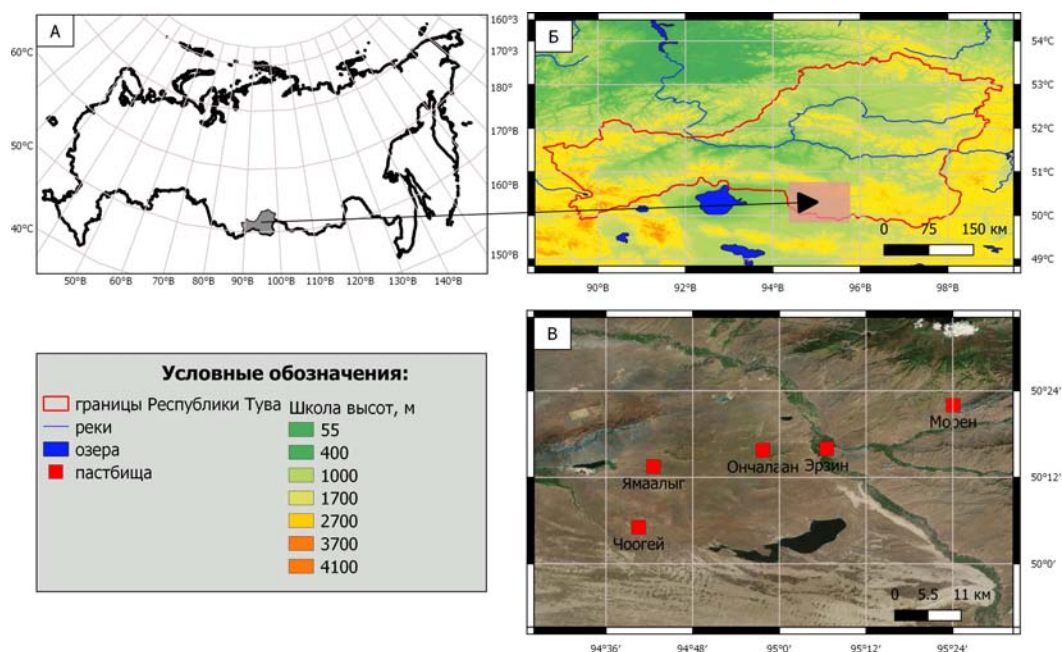
В Туве все степные экосистемы используются как пастбища. По официальным данным площадь пастбищ Тувы составляет 3400 тыс. га (Доклад..., 2020) из них вероятно, около трети приходится на горные и 2/3 на котловинные травяные экосистемы. Воздействие выпаса на растительность зависит от вида выпасаемых животных, от их численности, т.е. от нагрузки на единицу площади, способа выпаса, типа растительности, почвы, метеоусловий, рельефа местности и многих других факторов (Титлянова, Самбуу, 2016). Величины надземной продукции в травяных экосистемах, используемых под пастбища, зависят как от типа экосистемы, так и от количества пасущихся животных, поедающих летом зеленую фитомассу, зимой – ветошь.

Пастбища Тувы изучали многие ученые в разное время (Лысенков, 1969; Горшкова, 1992; Горшкова, Зверева, 1982; Горшкова, Сахаровский, 1983; Голубева, Полянская, 1990; Титлянова и др., 2002), однако оценка чистой первичной продукции не была проведена. Целью данного исследования являлось определение величины чистой надземной и подземной первичной продукции в сухих степях с различной пастбищной нагрузкой.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определения понятий продуктивности, запасов растительного вещества и чистой первичной продукции рассмотрены в статье «Продуктивность травяных экосистем Тувы» в этом же номере журнала (Титлянова и др., 2020).

Местом исследования являлись сухие степи Убсунурской котловины Тувы. Было выбрано пять участков степей с различной пастбищной нагрузкой. (рис.1) Описание растительности на каждом участке проводили ежегодно в июле. Пробы растительности отбирали в мае, середине июля, начале сентября в два периода 1998–2000 и 2008–2010 гг. Оценка надземной и подземной продукции была выполнена путем использования балансовых уравнений (Титлянова, 1977).



**Рисунок 1.** Картограмма расположения изучаемых пастбищ: А – расположение Республики Тувы на карте России; Б – расположение района исследования на карте Республики Тувы; В – месторасположение пастбищ.

Особое внимание было уделено оценке интенсивности пастбищной нагрузки. Многие ученые изучали пастбищную дигрессию и выделяли несколько ее стадий (Горшкова, 1954; Горшкова и др., 1977; Волкова и др., 1979; и другие). К сожалению, в отечественной литературе при описании стадий пастбищной дигрессии почти никогда не указывают вид и количество пасущихся животных. В результате не понятно, что такое средняя и сильная стадия дигрессии.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка продуктивности пастбищ Убсунурской котловины. Влияние пастбищного пресса с его различной интенсивностью было исследовано на пастбищах в сухих степях Убсунурской котловины (Афанасьев, Ротова, 1986; Курбатская и др., 2002; Курбатская, Тулуш, Курбатская, 2004; Кыргыс, 1997; Кыргыс, 2001; Кыргыс, 2002; Самбуу, 2000; Самбуу, 2013; Самбуу, Аюнова, 2016; Титлянова, Самбуу, Кыргыс, 2000). Убсунурская котловина расположена в южной части Тувы на границе с Монголией. На равнинных участках и на склонах останцов наиболее распространены сухие мелкодерновинные степи.

Среди исследованных пастбищ два находились на террасах рек и три – на пологих склонах останцов. Общая характеристика пастбищ представлена в таблице 1.

Таблица 1

Пастбища Убсунурской котловины (общая характеристика)

Координаты	Местоположение	Тип экосистемы	Растительная ассоциация	Виды-доминанты	Почва	Тип использования
50° с.ш., 94° в.д	Южный склон останца Ончалаан	Сухая степь	Злаково-разнотравная	<i>Stipa krylovii</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Agropyron cristatum</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Koeleria cristata</i>	Каштановая щебнисто-песчаная	Нагрузка (1,2 га на овцу)
50° с.ш., 94° в.д	Южный склон останца Ямаалыг	Сухая степь	Злаково-разнотравная с караганой карликовой	<i>Caragana pygmaea</i> , <i>Stipa krylovii</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Festuca valesiaca</i>	Каштановая супесчаная	Нагрузка (10 га на овцу)
50° с.ш., 95° в.д	Юго-восточный склон останца Чоогей	Сухая степь	Злаково-разнотравная	<i>Stipa krylovii</i> , <i>Agropyron cristatum</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Koeleria cristata</i>	Каштановая суглинистая	В стадии восстановления
50° с.ш., 95° в.д	Первая терраса р. Эрзин	Сухая степь	Разнотравно-злаковая	<i>Artemisia frigida</i> , <i>Potentilla acaulis</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Ephedra monosperma</i>	Каштановая суглинистая	Нагрузка (0,5 га на овцу)
50° с.ш., 95° в.д	Коренная терраса р. Морен	Сухая степь	Злаково-разнотравная	<i>Achnatherum splendens</i> , <i>Stipa krylovii</i> , <i>Agropyron cristatum</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Koeleria cristata</i>	Каштановая суглинистая	Не опр.

Травостой пастбища Ончалаан представлен небольшим количеством видов (12). Доминанты: *Stipa krylovii*, *Artemisia frigida*, *Cleistogenes squarrosa*. Пастбище постоянно (в течение десятков лет) используется как зимнее с небольшой нагрузкой (1,2 га на овцу). Устойчивость данного пастбища объясняется неизменностью пастбищного пресса. Наблюдения показали, что видовой состав сообщества сохраняется (Титлянова, Самбуу, 2016).

Пастбище Ямаалыг в течение не менее 30 лет было под сильной круглогодичной нагрузкой (0,3 га на овцу). За это время произошло почти полное выпадение дерновинных злаков, замена их корневищной осочкой, полукустарничками (*Artemisia frigida*), непоедаемым многолетником (*Potentilla acaulis*) и однолетниками. В 1995 г. урочище Ямаалыг было включено в состав природного биосферного заповедника «Убсунурская котловина». Пастбище использовалось круглогодично с нагрузкой 10 га на овцу. Со снижением пастбищной нагрузки началось быстрое

восстановление степного травостоя. Однако слишком малая нагрузка привела к неблагоприятным изменениям – доля *Caragana pygmaea* в фитомассе травостоя увеличилась до 38% (2009 г.), территория закустарилась, что могло привести к потере пастбища. С 2011 года пастбищная нагрузка увеличилась, она стала круглогодичной, сильной. Изменение в травостое началось немедленно – участие *Caragana pygmaea* в фитомассе снизилось с 38 до 8 %.

В течение многих лет до 1995 года пастбище Чоогей круглогодично находилось под сильной пастбищной нагрузкой – 0,25 га на овцу. С 1998 по 2000 г. круглогодичная нагрузка составляла 10 га на овцу. С 2008 г. урочище использовалось как летнее и зимнее пастбище с отдыхом весной и осенью. Нагрузка в этот период повысилась в 3 раза (3,3 га на овцу), что соответствует слабому выпасу.

До 1990 г. пастбище Эрзин характеризовалось умеренной нагрузкой. С начала 1990-х годов выпас скота на пастбище Эрзин резко увеличился и составил 0,3 га на овцу. Травостой изменился и обеднел. Разрослась несъедобная *Potentilla acaulis*, полукустарнички *Artemisia frigida* и *Ephedra monosperma*. Травостой сильно стравлен, высота его не превышает 3 см, лишь отдельные ковыли достигают 10 см.

Наиболее деградированное пастбище Морен использовалось круглогодично с нагрузкой 0,17 га на овцу по 1998 год. В 1999 г. пастбище было полностью покинуто, и его растительность начала восстанавливаться. Восстановление видов растений в травостое сбитого пастбища начинается с появления в первый же год злаков, характерных для сухих степей: *Leymus chinensis*, *Stipa orientalis* и *Stipa krylovii*. На второй год в травостой входят *Allium ramosum* и *Allium senescens*. За пять лет отдыха травостой практически восстановился и на пастбище снова начался выпас животных. К 2010 году видовой состав травостоя соответствовал видовому составу фитоценоза сухой степи.

Как мы уже отмечали ранее (Титлянова, Самбуу, 2016), степные экосистемы находятся в постоянной сукцессии, в зависимости от продолжительности и типа использования, времени года и вида пасущихся животных. Состояние пастбища зависит от нагрузки, любое изменение нагрузки включает сукцессию. При постоянной умеренной нагрузке сукцессия останавливается на определенной стадии, при увеличении нагрузки исчезают степные виды растений и появляются сорные, при сверхтяжелой нагрузке исчезает травяной покров, жизнь фитоценоза сохраняется только в почве. При уменьшении нагрузки экосистема переживает несколько стадий сукцессии и при внедрении и все большем разрастании кустарниковых видов, тип экосистемы может измениться – травяной фитоценоз переходит в кустарниковый.

В течение шести лет изучалось 5 пастбищ: длительное, круглогодичное, постоянное использование с низкой нагрузкой (Ончалаан); очень низкая, но круглогодичная нагрузка после перевыпаса (Ямалыг); круглогодичная сильная нагрузка на пастбище сменилась вначале на недостаточную, а затем умеренную (Чоогей); постоянная сильная нагрузка (Эрзин); полный сбой и восстановление (Морен). Оценка запасов растительного вещества и чистой первичной продукции пастбищ была проведена в два периода 1998-2000 и 2008-2010 гг. (табл. 2, 3).

Отметим, что во втором периоде произошло повышение запасов всех компонентов фитомассы. На устойчивом пастбище Ончалаан запас *Gmax* (среднее за три года) на 25% выше, чем в первом периоде, в то же время запас мертвой надземной фитомассы не менялся. Сильные изменения отмечены для подземной фитомассы, ее запасы во втором периоде почти в два раза выше, чем в первом.

Изменения на пастбище Ямалыг величины *Gmax* не происходит, в то время как запасы (*D+L*), *B* и *V* значительно возросли. На пастбище Чоогей запасы надземной фитомассы во втором периоде несколько выше, чем в первом периоде, в то время как запасы подземной фитомассы значительно выше. Как это ни странно, запасы всех компонентов на интенсивно используемом пастбище Эрзин изменились мало, просматривается лишь их небольшое увеличение. На пастбище Морен масса живых надземных и подземных органов растений близка, а мертвых подземных органов ниже, чем на пастбищах Ончалаан, Ямалыг, Чоогей. Приведенные в таблицах величины *ANP* получены без учета количества фитомассы, съеденной животными. Исходя из оценки количества фитомассы, съеданной одной овцой за один год (730 кг в год) (Горшкова и др., 1977) можно рассчитать величину надземной продукции с учетом потребленной пищи (табл. 4).

Таблица 2

## Запасы надземной фитомассы и чистой первичной надземной продукции пастбищ

Название пастбища	Запас, т/га; продукция (т/га в год)	Первый период					Второй период				
		1998	1999	2000	Среднее значение	Стд.откл.	2008	2009	2010	Среднее значение	Стд.откл.
Ончалаан	<i>Gmax</i> *	1,1	1,0	0,7	0,9	0,2	1,2	1,2	1,1	1,2	0,1
	<i>D+L</i> **	1,5	3,3	2,5	2,4	0,9	1,9	3,3	2,6	2,6	0,7
	<i>ANP</i> ***	2,2	2,8	0,9	2,0	1,0	1,9	3,7	1,7	2,4	1,1
Ямаалыг	<i>Gmax</i>	0,7	0,9	0,9	0,8	0,1	1,1	0,9	0,5	0,8	0,3
	<i>D+L</i>	1,7	1,7	2,1	1,8	0,2	2,8	3,6	3,5	3,3	0,5
	<i>ANP</i>	1,5	1,5	1,2	1,4	0,2	1,3	1,9	2,0	1,7	0,4
Чоогей	<i>Gmax</i>	1,0	0,7	1,2	1,0	0,3	1,2	1,1	1,2	1,1	0,1
	<i>D+L</i>	2,0	1,4	2,1	1,8	0,4	2,0	2,3	2,2	2,1	0,2
	<i>ANP</i>	0,7	1,2	0,9	0,9	0,2	1,1	3,1	1,5	1,9	1,0
Эрзин	<i>Gmax</i>	0,5	0,3	0,5	0,4	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,1
	<i>D+L</i>	0,9	0,6	0,6	0,7	0,3	1,0	0,9	0,4	0,8	0,3
	<i>ANP</i>	0,5	0,8	0,5	0,6	0,2	0,6	0,8	0,4	0,6	0,2
Морен	<i>Gmax</i>	-	-	-	-	-	1,1	1,2	1,1	1,1	0,1
	<i>D+L</i>	-	-	-	-	-	1,8	2,5	2,2	2,2	0,4
	<i>ANP</i>	-	-	-	-	-	3,1	2,1	1,7	2,3	0,7

\* *Gmax* – максимальный запас зеленой фитомассы;\*\* *D+L* – запас надземной мортмассы (ветошь и подстилка);\*\*\* *ANP* – надземная продукция

Таблица 3

## Запасы подземной фитомассы и чистой первичной подземной продукции пастбищ

Название пастбища	Запас, т/га; продукция, т/га в год	Первый период					Второй период				
		1998	1999	2000	Среднее	Стд.откл.	2008	2009	2010	Среднее	Стд.откл.
Ончалаан	<i>B</i> *	6,7	6,4	8,4	7,2	1,1	18,7	14,8	9,9	14,5	4,4
	<i>V</i> **	18,6	14,7	8,4	13,9	5,1	25,7	21,7	17,6	21,7	4
	<i>BNP</i> **	13,4	14,1	4,1	10,5	5,5	18,0	15,1	7,2	13,4	5,6
Ямаалыг	<i>B</i>	15,1	7,8	10,8	11,2	3,6	20,0	15,3	10,3	15,2	4,8
	<i>V</i>	16,5	17,6	14,3	16,1	1,6	25,7	25,2	17,8	22,9	4,4
	<i>BNP</i>	20,1	4,9	4,5	9,8	8,9	18,9	24,5	2,7	15,4	11,3
Чоогей	<i>B</i>	11,3	6,1	7,4	8,3	2,7	18,0	14,7	8,6	13,8	4,7
	<i>V</i>	13,7	19,8	11,4	15,0	4,3	25,4	21,9	17,0	21,4	4,2
	<i>BNP</i>	4,9	11,8	11,4	9,4	3,9	18,5	19,1	6,3	14,6	7,2
Эрзин	<i>B</i>	10,9	4,5	6,5	7,3	3,3	11,5	5,7	7,3	8,2	2,9
	<i>V</i>	10,6	13,3	8,6	10,8	2,3	12,1	14,4	9,4	12,0	2,5
	<i>BNP</i>	6,3	4,8	6,9	6,0	1,1	7,8	5,5	6,1	6,5	1,2
Морен	<i>B</i>	-	-	-	-	-	17,6	13,8	7,9	13,1	4,9
	<i>V</i>	-	-	-	-	-	17,1	19,8	14,4	17,1	2,7
	<i>BNP</i>	-	-	-	-	-	24,2	15,3	7,1	15,5	8,5

\* *B* – общая масса живых подземных органов; \*\* *V* – подземная мортмасса; \*\*\* *BNP* - подземная продукция

Таблица 4

Величина надземной продукции без учета и с учетом съеденной надземной фитомассы

Пастбище	ANP, т/га в год			
	Первый период		Второй период	
	Без учета съеденного овцами	С учетом съеденного овцами	Без учета съеденного овцами	С учетом съеденного овцами
Ончаалан	2,0	2,3	2,4	2,7
Ямаалыг	1,4	1,5	1,7	1,8
Чоогей	0,9	1,2	1,9	2,1
Эрзин	0,6	2,1	0,6	1,6
Морен	-	-	2,3	2,5

Все исследуемые пастбища находятся в Убсунурской котловине, следовательно, количество выпавших осадков (как зимних, так и летних) для всех пастбищ одинаково. Однако количество выпадающих осадков не означает количество влаги, которое получает экосистема, т.к. пастбища, расположенные на склонах останцов, получают дополнительную влагу за счет стекающей с гор воды. Видимо, количество воды, потребляемой фитоценозом, не сильно отличается, о чем можно судить, анализируя видовой состав фитоценозов пастбищ Ончаалан, Ямаалыг, Чоогей и Морен (см. табл. 1).

Пастбища сильно различаются по количеству пасущихся животных и времени использования травостоя. Следовательно, рассматриваемые пастбища по положению в рельефе, видовому составу фитоценозов и пастбищной нагрузке отражают состояние пастбищ Убсунурской котловины, что дает нам право усреднить все полученные результаты и оценить продуктивность условного (усредненного) пастбища Убсунурской котловины.

Исходя из многолетних наблюдений и литературных данных, пастбище, на котором пасущимися животными съедается количество травы, равное половине надземной продукции (*ANP*), сохраняет свой видовой состав и кормовую ценность. Следовательно, пастбища, подобные «Чоогей», могут прокормить две овцы на одном гектаре в течение шести месяцев весенне-летне-осеннего периода (Титлянова, Шибарева, 2020). Есть основания считать, что половина площади всех пастбищ Убсунурской котловины подобны «Чоогей». Четверть всей площади пастбищ соответствует условиям зимнего пастбища Ончаалан, еще четверть, которую мы условно разделили на две части, занимают полностью выбитые пастбища (черные земли) и травостой всех стадий сукцессии от сорной растительности до растительности типичной сухой степи. Типичная степь — это степь под выпасом (Рис.2).

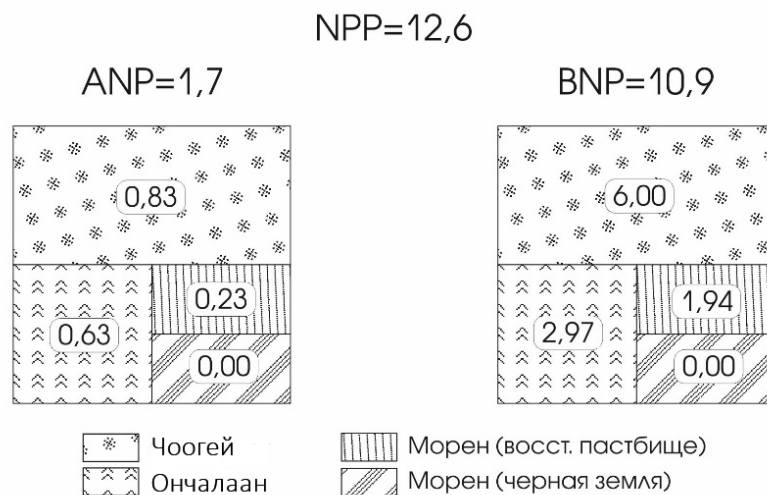


Рисунок 2. Величины надземной и подземной продукции для соответствующих типов пастбищ (тонн на долю площади пастбища в год).

Исходя из площадей различных пастбищ и величин *ANP* и *BNP*, характерных для пастбищ Убсунурской котловины (см. таблицы 2 и 3) можно рассчитать средние величины надземной и подземной продукции на условный гектар сухих степей Убсунурской котловины (Рис. 2).

ANP=1,7; BNP=10,9; NPP=12,6 (т/га в год)

Средние значения соответствуют показателям для сухих степей Дагестана и близки к таковым для сухих степей Херсонской области Украины, Казахстана, Алтая и низкотравных прерий США (Колорадо) (Титлянова, Френч, и др. 1983).

**Факторы, влияющие на величины надземной и подземной продукции.** Величины надземной и подземной продукции, как уже говорилось выше, зависят от пастбищной нагрузки, а также от погодных условий сезона, от осенне-зимнего периода, предшествующего весенне-летнему сезону, от типа почвы, и, может быть, от солнечной активности. Проанализируем связь между параметрами продуктивности и метеоусловиями двух периодов и отдельных лет (табл.5).

Таблица 5

Метеоусловия Убсунурской котловины среднее за 25 лет (1991-2016) и в периоды наблюдений (1998-2000 и 2008-2010 гг.) (<https://rp5.ru/>)

Показатели		За 25 лет	Год до I периода	I период			Год до II периода	II период		
		1991-2016	1997	1998	1999	2000	2007	2008	2009	2010
Среднемесячные осадки (мм)	Зима (окт-апр)	7,4	3,1	4,8	6,9	7,8	5,4	6,9	9,1	10,7
	Лето (май-сент)	27,1	27,6	23,8	20,8	19,4	16,6	19,8	30,2	26,6
Средняя T(С°)	Лето (май-сент)	15,3	14,5	15,5	15,8	16,3	16,8	15,7	14,3	15

Два исследованных периода отличались по гидротермическим условиям. Среднегодовое количество осадков в первом периоде было меньше средне многолетних (1991-2016 гг.) величин на 20%, второй период по сумме осадков соответствует средне многолетним значениям.

Год, предшествующий первому году первого периода, по годовому количеству осадков мало отличался от 1998 года, но по сумме летних осадков был влажнее. В 2007 году (год, предшествующий первому году второго периода) летнее количество осадков, как и годовое меньше, чем в 2008 году (первый год наблюдений). Годовое количество осадков в течение первого периода было постоянным (152 мм), в то же время летнее количество осадков уменьшалось от первого к третьему году наблюдений. Во втором периоде самым влажным был второй год наблюдений, в котором летнее количество осадков составило 151 мм, годовое 215 мм. Третий год наблюдений по сравнению со вторым был суше (годовое количество 208 мм, летнее 133 мм). Средне летние температуры первого периода были несколько выше средне многолетних, а второй период был слегка холоднее. В течение многих лет наблюдений нами была выявлена только одна зависимость — чем теплее и влажнее была осень, тем выше надземная продукция за летний период следующего года. В настоящей статье мы можем провести более детальный анализ связи продукционного процесса с погодными условиями.

Все средние за три года показатели биотического круговорота в надземном ярусе сообщества ( $G_{max}$ ,  $D+L$ ,  $ANP$ ) во втором более влажном периоде выше, чем в первом (табл. 2).

В подземной сфере зафиксированы изменения — значительное увеличение массы корней и корневищ (в 1,1 – 2 раза) во втором периоде. Произошло также и увеличение подземной продукции (в 1,1 – 3 раза). Общая продукция изменяется почти в тех же пределах, что и подземная (1,1 – 2,8 раза) (табл. 3).

Таким образом, мы видим, что в более увлажненном (среднее увлажнение) по сравнению с первым периодом и прохладном втором периоде (2008-2010 гг.) все величины показателей биотического круговорота были несколько выше, чем в первом периоде (1998-2000 гг.). Можно предположить, что показатели продуктивности пастбищ во втором периоде исследования близки к средне многолетним значениям, поскольку метеоусловия второго периода практически одинаковы со средне многолетними за 25 лет (1991-2016 гг.).

Рассматривая показатели продуктивности на всех пастбищах в течение двух периодов, можно сказать, что второй год выделяется повышенной в первый период и высокой во второй период величиной  $ANP$ . Повышение  $ANP$  сопровождается понижением запаса живых подземных органов ( $B$ ) и в ряде случаев уменьшением подземной продукции ( $BNP$ ) (см. таблицы 2 и 3).

Сравнивая оба периода и сопоставляя изменения величин показателей продуктивности с гидротермическими условиями в течение исследуемых периодов, можно с уверенностью сказать: теплая и влажная осень предыдущего года, в ряде случаев многоснежная зима и равномерные

летние дожди, когда суточная норма осадков остается постоянной в течение месяца, приводят к повышению надземной продукции (*ANP*).

Уже было сказано выше, что увеличение надземной продукции часто сопровождается уменьшением запаса живых подземных органов растений и подземной продукции. Это связано с противоположным влиянием потребления влаги и азота — чем больше влаги, тем больше надземная продукция, и потребление азота зеленой частью растений резко увеличивается, что приводит к недостатку азота для роста подземных органов растений. Это явление характерно для исследуемых периодов, и мы фиксируем его на второй год наблюдений. На всех пастбищах на четверть снижался запас живых подземных органов, а на трех из пяти снижалась величина подземной продукции.

Резкое снижение всех показателей продуктивности в третий год второго периода объясняется изменениями гидротермических условий — отрицательные температуры и практически полное отсутствие осадков в апреле, низкие температуры и большая увлажненность в мае (<https://rp5.ru/>). В то же время значения показателей основных величин продуктивности в первый год II периода не могут быть объяснены погодными условиями. Увеличение продуктивности фитоценозов может быть связано с варьированием поступающей фотосинтетически активной радиации (Шульгин, 1973) или даже влиянием солнечной активности (Костюк, 2016).

Изменения показателей продуктивности в первый год первого периода не могут быть объяснены изменением температуры, осадков или радиацией. Это изменение может быть связано с влажностью почвы, которую, к сожалению, не определяли.

Таким образом, теплая и влажная осень, предшествующая наблюдениям, равномерные июнь-июльские дожди и, по-видимому, большее поступление фотосинтетически активной радиации, способствуют повышению надземной продукции. Однако повышение *ANP* практически всегда сопровождается снижением запасов живых подземных органов растений и часто уменьшением величины *BNP*, что связано с круговоротом азота.

**Пространственная и временная изменчивость показателей продуктивности.** Изменение показателей продукционного процесса даже для одного типа экосистемы (сухая степь) зависит от времени, т.е. погодных условий разных лет, от пространства, т.е. от места, где расположена экосистема, а также от пастбищной нагрузки. Можно сравнить пространственную и временную изменчивость, используя данные по сухим степям, которые расположены в различных местах Тувы и по времени, используя данные по шести годам наблюдений в одних и тех же пастбищных экосистемах. В таблице 6 приведены усредненные показатели по 10 сухим степям и за шесть лет исследования пастбища Ончалаан, а также коэффициенты, оценивающие изменчивость показателей биотического круговорота.

Таблица 6

Средние показатели продуктивности и коэффициенты их изменчивости

Показатели	Запасы, т/га				Продукция, т/га в год		
	<i>Gmax</i>	<i>D+L</i>	<i>B</i>	<i>V</i>	<i>ANP</i>	<i>BNP</i>	<i>NPP</i>
по сухим степям	1,2	2,2	10,5	10,4	2,1	17,1	19,2
пастбище Ончалаан	1,1	2,5	11,0	18,2	2,2	12,0	14,2
Показатель различия между величинами $X_{max}/X_{min}$							
по сухим степям	3,0	2,3	3,1	3,5	6,2	3,1	2,7
пастбище Ончалаан	1,7	2,2	3,0	2,2	4,1	4,4	2,2
Вариабельность $X_{max} - X_{min} / X_{среднее}$							
по сухим степям	1,0	0,8	1,1	1,2	1,5	1,1	0,9
пастбище Ончалаан	0,5	0,7	1,1	0,8	1,3	1,2	0,8

Сравнение показывает, что средние величины по пространству и времени совпадают для *Gmax*, (*D+L*), *B* и *ANP*. Для *BNP* не совпадают на 30–40%, для *V* — почти в два раза. В качестве одной из мер изменчивости величин, характеризующих биотический круговорот, используем



отношение величин  $X_{max}/X_{min}$ . Данный коэффициент всегда больше единицы. Если он меняется от 1,1 до 1,7, то, судя по опыту, разница между сравниваемыми величинами невелика. Данный коэффициент ( $X_{max}/X_{min}$ ) показывает максимальную разницу между величинами без учета среднего значения данной величины. Вариабельность показателей с учетом средней величины можно оценить коэффициентом  $X_{max} - X_{min} / X_{среднее}$ .

Установлено, что наиболее устойчива величина  $G_{max}$ , которая изменяется в меньшей степени, чем величина  $ANP$ , что объясняется различной динамикой вегетации. В отдельные годы существует раннелетний максимум прироста  $G$ , переходящий плавно в среднелетний. В другие годы наряду с интенсивным приростом  $G$  в середине лета происходит вторичная вегетация травостоя осенью. В связи с такой различной динамикой продукционного процесса величина  $ANP$  в различные годы и в разных местообитаниях может сильно меняться.

Пространственная изменчивость запаса живых подземных органов почти одинакова с изменением зеленой фитомассы и меньше, чем изменение  $V$ ; во временном ряду изменение  $B$  больше, чем изменение  $V$ , что указывает на разнесённость во времени максимумов интенсивностей процессов прироста  $B$  и минерализации  $V$ . Особый случай представляет собой изменение величины  $BNP$ , в степях оно одинаково с изменением  $B$ . Во временном ряду величина  $BNP$  более изменчива, чем величины  $B$  и  $V$ . В степях определение всех показателей происходит только в один срок, близкий к моменту максимального запаса  $G$ , вследствие чего прирост  $B$  после максимального укоса не учитывается. Хотя, возможны два пика запасов живых корней – летом и осенью.

Рассмотрим изменчивость показателей биотического круговорота, разделив их на три функциональные группы: надземная фитомасса ( $G$ ,  $D+L$ ), подземная фитомасса ( $B$  и  $V$ ) и продукция ( $ANP$  и  $BNP$ ). Наиболее устойчивыми величинами судя по коэффициентам  $X_{max}/X_{min}$  и  $X_{max} - X_{min} / X_{среднее}$  являются запасы надземной фитомассы, которые меняются в пространстве значительно, чем во времени. Последнее мы связываем с различной и неизвестной нам пастбищной нагрузкой в ряду степей.

В подземной сфере фитоценоза запасы  $B$  более устойчивы, чем запасы  $V$ , на что указывают оба коэффициента. Запасы мертвых подземных органов меняются чрезвычайно широко: они практически равны запасам живых корней в пространственном ряду и резко отличаются (почти в два раза) во временном. Наиболее изменчивыми величинами являются  $ANP$  и  $BNP$ , причем  $ANP$  варьирует значительно шире, чем  $BNP$ . О причинах такой изменчивости  $ANP$  сказано выше.

Принимая во внимание оба коэффициента, можно оценить разницу между пространственной и временной изменчивостью. Для таких показателей продуктивности как максимальный запас зеленой фитомассы, величина надземной продукции и запас мертвой подземной фитомассы, пространственная изменчивость больше временной. Для запасов мертвой надземной и живой подземной фитомассы оба типа изменчивости характеризуются одинаковыми коэффициентами, что указывает на одинаковую зависимость данных показателей от расположения в пространственном и во временном рядах. Только один показатель биотического круговорота (подземная продукция) меняется во времени шире, чем в пространстве. При самом грубом обобщении можно сказать, что, несмотря на различные методы определения параметров продуктивности, их изменчивость в пространстве и во времени оказалась приблизительно одинаковой.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Любая экосистема расположена в пространстве и на оси времени. Пространство может быть очень широким — разные полушария Земли, климатические пояса, различные растительные зоны. Кроме того, они могут быть расположены в горах или на катенах. В горах экосистемы меняются от вершины до подножья, на катенах по стоку – от аллювиальной через транзитную вплоть до аккумулятивной. Во всех этих точках пространства могут быть различные или близкие типы экосистем. На оси времени экосистема может меняться в сезоне, в течение нескольких лет и в длительных циклах. При любом изменении в пространстве или на оси времени изменяются многие показатели и, прежде всего, интенсивности процессов биотического круговорота.

В последние тысячелетия огромным фактором воздействия стал человек. В редких случаях он выращивает сады на песках и восстанавливает леса, но в основном разрушает природные экосистемы. Воздействие человека разнообразно, в степях основной тип его деятельности — выпас скота. Следовательно, при изучении травяных экосистем учитывается местоположение, время описания и отбора образцов, пастбищный пресс. Отметим, что если первые два параметра можно количественно оценить, то измерить пастбищную нагрузку в степях очень трудно.

География изучает изменения по пространству, т.е. структуру системы, экология — изменения во времени, т.е. функционирование системы. Невозможно одновременно изучить и то и другое. Для этого не хватит ни времени, ни людей, ни денег. Поэтому, изучаешь пространство — теряешь время, изучаешь время — теряешь пространство. Исследователь всегда должен идти на компромисс. Что мы и пытались сделать при оценке продуктивности экосистем Тувы, проведя 50 отборов образцов (пространство) в горных и котловинных травяных экосистемах (см. статью «Продуктивность...» в этом же номере журнала) и 90 отборов (время) на пастбищах.

На основании анализа данных, полученных в сухих степях, находящихся под различной пастбищной нагрузкой, оценена величина продукции травяных экосистем Убсунурской котловины. Эта величина соответствует значениям показателей для сухих степей Дагестана и близка к таковым для сухих степей Херсонской области Украины, Казахстана, Алтая и низкотравных прерий Сев. Америки (Колорадо).

Сезонные гидротермические условия (теплая и влажная осень предшествующего года и дождливое лето текущего сезона) способствуют увеличению надземной продукции. Повышение *ANP* практически всегда сопровождается снижением запасов живых подземных органов растений и часто уменьшением величины *BNP*, что связано с особенностями круговорота азота. Величина подземной продукции чрезвычайно изменчива и не соответствует динамике надземных органов. Наивысшая величина подземной продукции в 2008 году не объясняется погодными условиями и связано вероятно с солнечной активностью, т.е. в с количеством безупречных дней в этом году.

Для таких показателей как максимальный запас зеленой фитомассы, величина надземной продукции и запас мертвой подземной фитомассы, пространственная изменчивость несколько больше временной. Однако, рассматривая все показатели продуктивности, можно сказать, что, несмотря на различные методы определения параметров продуктивности, их изменчивость в пространстве и во времени приблизительно одинакова.

#### ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

В обсуждении результатов и подготовке статьи большую помощь оказала Дарья Дмитриевна Макарова, за что мы приносим ей свою искреннюю благодарность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев Н.А., Ротова Н.П. *Влияние пастбищной нагрузки на степные экосистемы // Продуктивность сенокосов и пастбищ.* Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1986. С. 59-61.
2. Волкова В.Г., Кочуров Б.И., Хакимянова Ф.И. *Современное состояние степей Минусинской котловины.* Новосибирск: Наука Сиб. отд-ние, 1979. 90 с.
3. Голубева Е.И., Полянская А.В. *Пастбищная дигрессия растительного покрова степей Убсунурской котловины // Информационные проблемы изучения биосферы. Убсунурская котловина – природная модель биосферы.* Пушино, 1990. С. 201-212.
4. Горшкова А.А., Монгуш Л.Т. *Степные пастбища Тувы.* Кызыл: Изд-во ТувИКОПР СО РАН, 1992. 112 с.
5. Горшкова А.А., Гринева Н.Ф. Журавлева Н.А., и др. *Экология и пастбищная дигрессия степных сообществ Забайкалья.* Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1977. 192 с.
6. Горшкова А.А., Зверева Г.К. *Экология степных сообществ Центральной Тувы // Степная растительность Сибири и некоторые черты ее экологии.* Новосибирск: Наука. Сиб.отд-ние, 1982. С. 19-36.
7. Горшкова А.А., Сахаровский И.Б. Восстановление сбитых степных пастбищ при кратковременной изоляции // *Вестн. с.-х. науки.* 1983. №3. С. 107-109.
8. *Доклад о состоянии и использовании земель в Республике Тыва в 2019 году* (Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Республике Тыва). Кызыл, 2020.
9. *Костюк В.И. Влияние циклических вариаций солнечной активности на урожайность и качество многолетних трав в условиях кольского севера // Международный научный журнал "Инновационная наука" 2016. №4. С. 25-28.*
10. Курбатская С.Г., Тулуш Е.П., Курбатская С.С. *Динамика продуктивности степей Убсу-Нурской котловины (эксперимент в заповедном и пастбищном режимах) // Убсунурская котловина как индикатор биосферных процессов в Центральной Азии. Материалы VIII Убсунурского международного Симпозиума.* Кызыл: ТувИКОПР СО РАН, 2004. С.56-58.

11. Курбатская С.С., Додук А.Д., Кыргыз Ч.С., Самбуу А.Д. Динамика запасов растительного вещества в травяных экосистемах юга Тувы при различных режимах выпаса // Устойчивое развитие континента Азия. Функциональная экология: тр. VII Убсунур. Междунар. симп. (Кызыл, 20-24 сент. 2001 г.). М., 2002. С. 19-22.
12. Кыргыз Ч.С. Продуктивность сухой степи, используемой как зимнее пастбище // Устойчивое развитие малых народов Центральной Азии и степные экосистемы. Кызыл, М.: Слово, 1997. С. 80-83.
13. Кыргыз Ч.С. Динамика видового состава степных экосистем Убсунурской котловины // Роль особо охраняемых природных территорий в развитии региона. Матер. региональной конференции Ассоциации Енисейских заповедников. Абакан, 2002. С. 45-46.
14. Кыргыз Ч.С. Степные экосистемы Убсунурской котловины и их пастбищное использование // Устойчивое развитие континента Азия. Функциональная экология. Биосферные исследования. Матер. Междунар. симп. Кызыл, М.: Слово, 2002. С. 275-276.
15. Лысенков А.А. Пастбища Тувы // Тр. Тув. гос. с.-х. опытной станции. Кызыл, 1969. Вып. 4. С. 83-101.
16. Расписание погоды (<https://tr5.ru/>).
17. Самбуу А.Д. Влияние выпаса на продуктивность сухих степей Убсунурской котловины Тувы // Степи Северной Евразии: Стратегия сохранения природного разнообразия и степное природопользование в XXI в.: Труды II Междунар. симп. Оренбург, 2000. С. 345-346.
18. Самбуу А.Д. Пастбищные дигрессии и восстановительные смены степной растительности в Туве // Современ. проблемы науки и образования. 2013. № 5.
19. Самбуу А.Д., Аюнова О.Д. Стадии пастбищной дигрессии в сухих степях Тувы // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 5-2. С. 293-295.
20. Титлянова А.А., Самбуу А.Д., Кыргыз Ч.С. Отклик продукционного процесса на изменение пастбищного режима в сухих степях Тувы // Степи Северной Евразии. Матер. Междунар. симп. Оренбург, 2000. С. 371-374.
21. Титлянова А.А. Биологический круговорот азота и зольных элементов в травяных биогеоценозах. Новосибирск: Наука. 1979. 149 с.
22. Титлянова А.А., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П., Косых Н.П., Кыргыз Ч.С., Самбуу А.Д. Продуктивность степей // Степи Центральной Азии. Новосибирск, 2002. С. 95-173.
23. Титлянова А.А., Косых Н.П., Кыргыз Ч.С., Миронычева-Токарева Н.П., Романова И.П., Самбуу А.Д., Шибарева С.В. Продуктивность травяных экосистем Тувы // Почвы и окружающая среда. 2020. Том 3. № 2. e110. doi: [10.31251/pos.v3i2.110](https://doi.org/10.31251/pos.v3i2.110)
24. Титлянова А.А., Романова И.П., Миронычева-Токарева Н.П. Структура растительного вещества степей Убсунурской котловины // Глобальный мониторинг и Убсунурская котловина Тувы. Тр. IV Междунар. симпозиум. М: Интеллект, 1996. С. 15-19.
25. Титлянова А.А., Самбуу А.Д. Сукцессии в травяных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. 191 с.
26. Титлянова А.А., Френч Н.Р., Шатохина Н.Г. Антропогенная трансформация травяных экосистем умеренной зоны. Часть 1 // Изв. СО АН СССР. Серия биологич. Вып.2. 1983. №10. С. 9-21.
27. Титлянова А.А., Шибарева С.В. Продуктивность и функции травяного покрова Тувы // Экосистемы Центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование. Матер. XV Убсунурского Междунар. симпозиума. Красноярск: Изд-во "Офсет", 2020. С. 20-30.
28. Шульгин И.А. Растение и Солнце. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 252 с.

Поступила в редакцию 14.09.2020

Принята 14.12.2020

Опубликована 15.12.2020

#### Сведения об авторах:

**Титлянова Аргента Антониновна** – доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории биогеоценологии ФГБУН Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, Россия); [argenta@issa-siberia.ru](mailto:argenta@issa-siberia.ru)

**Кыргыз Чайзу Суван-Ооловна** – кандидат биологических наук, генеральный директор Автономной некоммерческой организации "Армия Ирбиса по сохранению редких и исчезающих видов животных" (Кызыл, Респ. Тыва); [chaizu@rambler.ru](mailto:chaizu@rambler.ru)

**Самбуу Анна Доржуевна** – доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Тувинского института комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, (Кызыл, Респ. Тыва); [sambuu@mail.ru](mailto:sambuu@mail.ru)

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## THE EFFECT OF GRAZING AND WEATHER CONDITIONS ON THE PRODUCTIVITY OF TYVA DRY STEPPES, RUSSIA

© 2020 A.A. Titlyanova<sup>1</sup> , Ch.S. Kyrgys<sup>2</sup>, A.D. Sambuu<sup>3</sup> 

Address: <sup>1</sup>Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia. E-mail: [argenta@issa-siberia.ru](mailto:argenta@issa-siberia.ru)

<sup>2</sup>NCO "Irbis Army for preservation of rare and endangered animal species", Tyva Republic, Kyzyl, Russia. E-mail: [chaizu@rambler.ru](mailto:chaizu@rambler.ru)

<sup>3</sup>Tyva Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the RAS, Kyzyl, Tyva Republic, Russia. E-mail: [sambuu@mail.ru](mailto:sambuu@mail.ru)

**The aim of the study.** To investigate specifics of plant production process in steppe pastures in Tyva.

**Location and place of the study.** The study was performed in 1998-2000 and 2008-2010 in five pasture ecosystems in the Ubsu-Nur depression in Tyva, Russia.

**Methodology.** Field and laboratory work was carried out to assess the biological productivity of pasture ecosystems employing conventional geobotanical, botanical and ecological methods.

**Main results.** The study showed that all characteristics of production process change with grazing pressure and weather conditions of the year. The highest grazing pressure was observed at the Erzin pasture, whereas the lowest pressure was found at the Yamaalyg one. The green phytomass stock (G) at the Erzin pasture during all years varied within 0.3–0.6 Mg ha<sup>-1</sup>, whereas the living belowground stock (R) during six years ranged 4.5–11.5 Mg ha<sup>-1</sup>. The Yamaalyg pasture had the lowest and the highest G of 0.5 and 1.1 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively, with the minimal and maximal R estimates of 7.8 and 20.1 Mg ha<sup>-1</sup>, respectively. Therefore it was concluded that both under the highest (Erzin) and lowest (Yamaalyg) grazing pressure the between-years dynamics (over six years) may change as much as 2–3 times. Phytomass production was shown to vary much more. The aboveground production (ANP) at Erzin pasture was found to change from 0.4 to 1.2 Mg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>, i.e. 3-fold. At the Yamaalyg pasture ANP changed 1.2 to 2.0 Mg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>. The belowground phytomass production (BNP) was shown to vary much more as compared with the aboveground production: from 2.7 to 24.5 Mg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>. Some production characteristics were shown to be weather-associated. At one and the same pasture (Onchalaan), depending on the weather conditions, ANP and BNP were found to vary 4 times, i.e. from 0.9 to 3.7 Mg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup> and from 4 to 18 Mg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>, respectively. The highest grazing pressure resulted in less yearly variation, as ANP ranged 0.4–0.8 Mg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>, and BNP ranged 5–8 Mg ha<sup>-1</sup>yr<sup>-1</sup>. Such lesser variation was apparently due to the higher resilience of the dominating herbs and grasses to grazing. Analysis of the influence of weather conditions showed that abundant summer precipitation resulted in the highest ANP estimates. No correlation was revealed between BNP and weather conditions. Overall seasonal hydrothermal conditions, such as warm and wet autumn of the preceeding year and rainy summer of the current year) were beneficial for the aboveground plant production.

**Conclusion.** The phytomass stock the in grazed dry steppes of Tyva was found to vary more as compared with phytomass production. Belowground production showed especially drastic changes from year to year. Increased ANP almost always results in decreased belowground living phytomass stock and often in decreased BNP due to modified nitrogen turnover under grazing. The BNP estimate is extremely volatile and does not follow the aboveground phytomass dynamics. The highest BNP in 2008 could not be attributed only to weather conditions, being most likely due to the increased solar radiation. Spatial and temporal dynamics of the phytomass production showed that the maximal green phytomass and dead belowground phytomass stocks, as well as ANP, displayed greater spatial variation as compared with the temporal one. Overall we conclude that despite different methods to study phytomass production, its spatial and temporal variation is about the same.

**Key words:** phytomass productivity; net primary production; phytomass stock; aboveground production; belowground production; grasslands

**How to cite:** Titlyanova A.A., Kyrgys Ch.S., Sambuu A.D. The effect of grazing and weather conditions on the productivity of Tyva dry steppes, Russia // *The Journal of Soils and Environment*. 2020. 3(2). e113. doi: [10.31251/pos.v3i2.113](https://doi.org/10.31251/pos.v3i2.113) (in Russian with the English abstract).

### REFERENCES

1. Afanasiev N.A., Rotova N.A. *Impact of pasture load on steppe ecosystems* In book: The productivity of hayfields and pastures. Novosibirsk: Science Publ., Siberian Branch, 1986, p. 59-61. (in Russian)
2. Volkova V.G., Kochurov B.I., Khakimzyanova F.I. *The current state of the steppes of the Minusinsk depression*. Novosibirsk: Science Publ., Siberian Branch, 1979 90 p. (in Russian)

3. Golubeva E.I., Polyanskaya A.V. *Pasture digression of the vegetation cover of the steppes of the Ubsunur depression* In book: Information problems in the study of the biosphere. Ubsunur Basin - Natural Model of the Biosphere. Pushino, 1990, p. 201-212. (in Russian)
4. Gorshkova A.A., Mongush L.T. *Steppe pastures of Tuva*. Kyzyl: TuvIENR SB RAS Publ., 1992. 112 p. (in Russian)
5. Gorshkova A.A., Grineva N.F., Zhuravleva N.A. and et al. *Ecology and pasture digression of the steppe communities of Transbaikalia*. Novosibirsk: Science Publ., Siberian Branch, 1977. 192 c. (in Russian)
6. Gorshkova A.A., Zvereva G.K. *Ecology of steppe communities of Central Tuva* In book: Steppe vegetation of Siberia and some features of its ecology. Novosibirsk: Science Publ., Siberian Branch, 1982. C. 19-36. (in Russian)
7. Gorshkova A.A., Sakharovskiy I.B. Restoration of downed steppe pastures during short-term isolation *Herald of Agricultural Sci*, 1983, No3, p. 107-109. (in Russian)
8. [REPORT on the state and use of land in the Republic of Tyva in 2019](#) (Office of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography in the Republic of Tyva). Kyzyl, 2020. 112 p. (in Russian)
9. [Kostyuk V.I. Influence of cyclical variations in solar activity on the yield and quality of perennial grasses in the Kola north](#), *International scientific journal "Innovative Science"*, 2016, No. 4, part 5, p. 25-28. (in Russian)
10. Kurbatskaya S.G., Tulush E.P., Kurbatskaya S.S. *Dynamics of the productivity of the steppes of the Ubsunur depression (experiment in the reserved and pasture regimes)* In book: Ubsunur Basin as an Indicator of Biosphere Processes in Central Asia. Proc. of the VIII<sup>th</sup> Ubsunur International Symposium. Kyzyl: TuvIENR SB RAS Publ., 2004, p.56-58. (in Russian)
11. Kurbatskaya S.G., Doduk A.D., Kyrgys Ch.S., Sambuu A.D. *Dynamics of plant matter reserves in herbaceous ecosystems in southern Tuva under different grazing regimes* In book: Sustainable development of the continent of Asia. Functional ecology: Proc. of the VII<sup>th</sup> Ubsunur International Symposium (Kyzyl, 20-24 September 2001). Moscow, 2002, p. 19-22. (in Russian)
12. Kyrgys Ch.S. *Productivity of dry steppe used as winter pasture* In book: Sustainable development of small peoples of Central Asia and steppe ecosystems. Kyzyl, Moscow: Slovo Publ., 1997, p. 80-83. (in Russian)
13. Kyrgys Ch.S. *Dynamics of the species composition of the steppe ecosystems of the Ubsunur depression* In book: The role of specially protected natural areas in the development of the region. Mater. regional conference of the Association of the Yenisei Reserves. Abakan, 2002, p. 45-46. (in Russian)
14. Kyrgys Ch.S. *Steppe ecosystems of the Ubsunur depression and their pasture use* In book: Sustainable development of the continent of Asia. Functional ecology. Biosphere Research. Proc. of the Inter. Symp. Kyzyl, Moscow: Slovo Publ., 2002, p. 275-276. (in Russian)
15. [Lysenkov A.A. Tuva pastures](#) *Proceedings of the Tuva State Agricultural Experimental Station*. Kyzyl, 1969. Issue 4, p. 83-101. (in Russian)
16. Weather schedule (<https://rp5.ru/>).
17. Sambuu A.D. *Influence of grazing on the productivity of dry steppes of the Ubsunur depression in Tuva* In book: Steppes of Northern Eurasia: Strategy for Conservation of Natural Diversity and Steppe Nature Management in the 21st Century: Proc. of the II<sup>th</sup> Inter. Symp. Orenburg, 2000, p. 345-346. (in Russian)
18. [Sambuu A.D. Pasturable digressy and recovery changes of steppe vegetation in Tuva // Modern problems of science and education](#), 2013, No 5. (in Russian)
19. [Sambuu A.D., Ajunova O.D. Stage of pasture digression in the dry steppes of Tuva // Inter. J.I of Applied and Basic Research](#), 2016. No 5-2, p. 293-295. (in Russian)
20. Titlyanova A.A. *Biological cycle of nitrogen and ash elements in grass biogeocenoses*. Novosibirsk: Nauka Publ., 1979, 149 p. (in Russian)
21. Titlyanova A.A., Sambuu A.D., Kyrgus Ch.S. *The response of the production process to a change in the pasture regime in dry steppes* In book: Steppes of Northern Eurasia: Strategy for Conservation of Natural Diversity and Steppe Nature Management in the 21st Century: Proc. of the II<sup>th</sup> Inter. Symp. Orenburg, 2000, p. 371-374. (in Russian)
22. Titlyanova A.A., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova I.P., Kosykh N.P., Kyrgys Ch.S., Sambuu A.D. *Productivity of the steppes* In book: Steppes of Central Asia. Novosibirsk: Novosibirsk branch of the Publishing House "Nauka", 2002, p. 95-173. (in Russian)
23. [Titlyanova A.A., Kosykh N.P., Kyrgys Ch.S., Mironycheva-Tokareva N.P., Romanova I.P., Sambuu A.D., Shibareva S.V. Productivity of grassland ecosystems in the Tyva Republic, Russia, The Journal of Soils and Environment](#), 2020, Vol.3, Issue 2, e110. doi: [10.31251/pos.v3i2.110](https://doi.org/10.31251/pos.v3i2.110) (in Russian)
24. Titlyanova A.A., Romanova I.P., Mironycheva-Tokareva N.P. *The structure of plant matter in the steppes of the Ubsunur Basin* In book: Global Monitoring and the Ubsunur Basin of Tuva. Proc. of the IV<sup>th</sup> Int. Sym. Moscow: «Intellect» Publ., 1996, p. 15-19. (in Russian)
25. Titlyanova A.A., Sambuu A.D. *Succession in grasslands*. Novosibirsk: Publishing house SO RAN, 2016, 191 p. (in Russian)
26. [Titlyanova A.A., French N.R., Shatokhina N.G. Anthropogenic transformation of grassland ecosystems in the temperate zone. Report 1, Bulletin of the Siberian branch of the USSR Academy of Sciences. Series of Biological Sciences](#), 1983, No, 10, Issue 2, p. 9-21. (in Russian)

27. Titlyanova A.A., Shibareva S.V. *Productivity and functions of the grass cover of Tuva* In book: cosystems of Central Asia: Research, Conservation, Rational Use. Proc. of the XV<sup>th</sup> Ubsunur International Symposium. Krasnoyarsk: Ofset Publ., 2020, p. 20-30. (in Russian)
28. Shulgin I.A. *Plant and Sun*. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1973. 252 p. (in Russian)

*Received 14 September 2020*

*Accepted 14 December 2020*

*Published 15 December 2020*

**About the authors:**

**Titlyanova Argenta A.** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Principal Researcher of the Laboratory of Biogeocenology in the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russia); [argenta@issa-siberia.ru](mailto:argenta@issa-siberia.ru)

**Kyrgys Chaisu S.** – Candidate of Biological Sciences, General Director of the Autonomous Non-Commercial Organization “Irbis Army for preservation of rare and endangered animal species” (Kyzyl, the Republic of Tyva, Russia); [chaizu@rambler.ru](mailto:chaizu@rambler.ru)

**Sambuu Anna D.** – Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of the Tuva Institute for Exploration of Natural Resources of the Siberian Branch of the RAS (Kyzyl, The Republic of Tyva, Russia); [sambuu@mail.ru](mailto:sambuu@mail.ru)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)