

Влияние климатических изменений на растительный покров межгорных котловин Тувы

The impact of climatic changes on the vegetation cover of the intermountain basins of Tuva

Самбуу А. А., Нажик М. К., Куулар О. Р.

Sambu A. D., Nazhik M. K., Kuular O. R.

ГБНУ Республики Тыва «Центр биосферных исследований», г. Кызыл, Россия. E-mail: sambuu@mail.ru
Center for Biosphere Research of the Republic of Tuva, Kyzyl, Russia

Реферат. В статье рассмотрена пространственная и временная изменчивость показателей биологической продуктивности степных экосистем Тувы. Установлено, что максимальный запас зеленой фитомассы, величина надземной продукции и запасы подземной мортмассы, пространственная изменчивость несколько превышает временную. Выявлено, что продуктивность надземной части степных сообществ связана с благоприятными по увлажнению климатическими условиями. Незначительные изменения в показателях продуктивности на пастбищах связаны с сильным выпасом скота и с устойчивостью доминантов к стравливанию пастбищ. Было обнаружено, что показатель запасов зеленой фитомассы меняется в меньшей степени, чем величина продукции. За последние годы подземная продукция претерпела особенно резкие изменения. Увеличение значения надземной продукции (ANP) почти всегда сопровождается уменьшением запасов живых подземных органов растений (V) и часто – снижением значения общей подземной продукции (BNP), что связано с особенностями круговорота азота. Показатели подземной продукции сильно изменчивы и не соответствуют динамике наземных органов. Вариабельность величин подземной продукции значительно выше, чем надземной. Прямой зависимости между значением BNP и климатическими условиями не выявлено. Несмотря на разнообразие методов определения параметров продуцирования фитомассы, их изменчивость в пространстве и во времени примерно одинакова.

Ключевые слова. Запасы надземной и подземной фитомассы, продукция, Тува.

Summary. The article considers the spatial and temporal variability of biological productivity indicators of steppe ecosystems in Tuva. It was found that the maximum supply of green phytomass, the amount of above-ground production and reserves of underground mortmass, spatial variability slightly exceeds the temporal one. It has been revealed that the productivity of the aboveground part of steppe communities is associated with favorable humidification climatic conditions. Minor changes in productivity indicators on pastures are associated with high grazing intensity, as well as with the resistance of dominants to grazing pastures. It was found that the indicator of green phytomass reserves varies to a lesser extent than the value of products. In recent years, underground production has undergone particularly drastic changes. An increase in the value of aboveground net primary production (ANP) is almost always accompanied by a decrease in the reserves of living underground plant organs (V), and often a decrease in the value of total underground production (BNP), which is associated with the peculiarities of the nitrogen cycle. The indicators of underground production are highly variable and do not correspond to the dynamics of terrestrial organs. The variability of the values of underground production is significantly higher than above-ground production. There is no direct relationship between the BNP value and climatic conditions. Despite the variety of methods for determining the parameters of phytomass production, their variability in space and time is approximately the same.

Key words. Products, stocks of aboveground and underground phytomass, Tuva.

Введение. Степи в Тыве занимают межгорные котловины с высотами 550–1250 м над ур. м., нижние части горных склонов, высокие террасы речных долин. По градиенту широтной зональности Тува расположена в степной зоне. Широтное распространение зоны степей, как и в Южной Сибири, прерывается горными поднятиями, между которыми сохраняются различные по площади степные участки (Растительный покров..., 1985).

С позиции ботанической географии, согласно Е. М. Лавренко и др. (1991), район исследования относится к Евразийской степной области, Центральноазиатской степной подобласти, где степи Мон-

голии, Забайкалья, Горного Алтая, Хакасии и Тувы представляют единое целое в рамках экстраконтинентального сектора Палеарктики. Разные авторы выделяют пустынные, опустыненные, настоящие, сухие, луговые и криофитные (высокогорные) степи, а также различные их варианты (Лавренко, 1940; Сухие степи МНР, 1984, 1988).

Степи Тувы, представляющие собою продолжение степей Монголии, существенно отличаются от степей европейской части России, т. к. распространены на холодных почвах, в условиях расчлененного горного рельефа, недостаточного увлажнения, пониженного температурного режима воздуха и почв, распространения многолетней мерзлоты (Намзалов, 2015). В настоящее время под воздействием выпаса скота как непосредственно (поедание, вытаптывание), так и косвенно (изменение условий произрастания) степная растительность Тувы находится на разных стадиях пастбищной дигрессии (ПД).

Материалы и методы. Тувинская и Убсунурская котловины, где проводились исследования, относятся к межгорным депрессиям Тувинской горной складчато-глыбовой страны и входят в качестве структурной единицы в физико-географическую страну «Горы Южной Сибири» (Михайлов, 1961). Большая часть Убсунурской котловины лежит на территории Монголии, и с учетом особенностей рельефа и климата она включена Э. М. Мурзаевым (1952) в физико-географический район «Котловина Больших озер» Монголии.

В связи с широким распространением на территории Тувы степного типа растительности, основной отраслью хозяйства является животноводство на сезонных пастбищах, поэтому для проведения исследования нами были выбраны степные экосистемы при разном режиме пастбищной нагрузки. Полевые исследования проводились на участках сухих степей в Убсунурской котловине Тувы в течение 2011–2023 гг. Особое внимание уделили пастбищной нагрузке степей. На каждом ключевом участке закладывались постоянные пробные площадки: 1) на стабильном участке степи с постоянным в течение многих лет умеренным выпасом, 2) на участке под постоянной сильной пастбищной нагрузкой в течение многих лет, 3) на участках деградирующих степей под сильной пастбищной нагрузкой, 4) на участках восстанавливающихся степей с легким и переменным режимом выпаса, 5) на участке полного сбоя для определения проективного покрытия растительного покрова, динамики видового состава сообществ, выделения среди них доминантов, что позволило более детально изучить распределение и изменение фитоценозов на данной территории и определить степень воздействия антропогенного фактора. Исходные данные были подвержены анализу дискриминантных функций с помощью соответствующего модуля пакета Statistica 8.0.

Результаты исследований. 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 (табл. 1).

Таблица 1

Метеорологические данные за 2010–2020 гг. метеостанции Эрзин

Месяцы	Температура воздуха			Температура почв		Влажность воздуха %		Облачность (балл)		Ветер	Осадки
	среднее	<i>max</i>	<i>min</i>	среднее	<i>min</i>	среднее	<i>min</i>	общ	ниж	мак	сумма
Январь	29,1	19,7	38,6	-17	-38	62	45	5	0	10	5,3
Февраль	25,6	-12	35,4	-9	-35	63	44	5	0	6	2,2
Март	13,8	+1	29,6	+12	-30	71	49	5	0	6	0,6
Апрель	+5,2	25,8	12,3	+48	-11	48	10	4	0	18	5,0
Май	12,9	28,9	-3,2	+51	-2	40	17	8	1	19	5,3
Июнь	17,3	33,8	+1,2	+60	+1	41	16	9	1	16	23,9
Июль	17,0	34,5	+6	+60	0	51	19	7	4	12	47,1
Август	15,6	30,4	-2	+51	0	55	21	7	4	16	58,0

Продолжение табл. 1

Месяцы	Температура воздуха			Температура почв		Влажность воздуха %		Облачность (балл)		Ветер	Осадки
	среднее	max	min	среднее	min	среднее	min	общ	ниж	мак	сумма
Сентябрь	+9,7	25,4	-4	+40	-3	47	17	6	2	10	3,1
Октябрь	+3,2	19,2	13,5	+35	-16	48	19	3	1	10	1,2
Ноябрь	13,8	+6,9	31,0	+15	-31	63	29	4	0	10	2,9
Декабрь	23,9	12,4	33,6	-6	-37	68	41	6	0	10	4,2
Общая сумма											158,8

Запасы фитомассы, надземная и подземная продукция сообществ, г/м² в год

Пастбище Кургалчы восстанавливалось после резкой смены интенсивного выпаса на легкий с 2011 г. Травостой практически не поедался: G_{max} быстро установился на уровне 85 г/м², а надземная мертвая фитомасса ($D+L$) непрерывно увеличивалась, как и на участке Морен, где выпас был полностью прекращен. Запас живых подземных органов увеличивался и достиг максимальной среди всех изученных участков величины 1521 г/м².

Величины надземной продукции (ANP) на участке варьируют незначительно, колебание величины подземной продукции (BNP) широкое: минимальная продукция намного отличается от максимальной. Сообщество на участке Кургалчы полностью восстановилось, и в структуре его фитомассы пока не видно влияния недовыпаса и резкой смены доминантных видов.

При изменении пастбищной нагрузки в степях меняется не только набор видов и структура доминантов, но и запасы фитомассы (живой и мертвой), а также надземная и подземная продукция.

На участке Бай-Даг, где пастбищная нагрузка постоянно высокая и устойчивая, максимальный запас зеленой фитомассы (G_{max}) в зависимости от погодных условий меняется от 34 до 56 г/м², составляя в среднем по периодам 44 и 47 г/м², что свидетельствует о постоянстве стравливания и устойчивости фитоценоза к данной интенсивности выпаса. Суммарный запас ветоши и подстилки ($D+L$) изменяется более резко от 37 до 96 г/м². Однако в среднем по обоим периодам запас мертвой надземной фитомассы почти постоянен (31 и 74 г/м²). Деградированное, но устойчивое пастбище Бай-Даг отличается сглаженной динамикой всех фракций фитомассы. Максимальный запас G_{max} отмечается обычно в осенний период (2011, 2015, 2023 гг.). В сезон 2011 г. G_{max} была максимальной весной и в 2023 г. – в середине лета (июль). Осенние и весенние максимумы G_{max} совпадали с максимумами живых подземных органов (B). Максимальные запасы B в 2011 и 2023 гг. были зарегистрированы также в осенний период, а динамика G_{max} в эти годы отличалась сглаженностью. Наибольший запас мертвых подземных органов (V) приходился на осенний. Динамика запасов B и V была различной. Понижение V за счет минерализации происходило в осенне-зимне-весеннем сезоне. Как запас живых, так и мертвых подземных органов поддерживался почти постоянным. Средний запас B составлял 730 и 818 г/м², средний запас – 1082 и 1197 г/м² за 1-й и 2-й периоды.

Изменяясь по годам от 41 до 77 г/м² год надземная продукция за периоды равна и очень мала – 58 г/м² в год. Такая маленькая величина ANP связана с постоянным отчуждением травы пасущимися животными. Подземная продукция (BNP) на пастбище Бай-Даг держится из года в год почти постоянной и составляет 600 и 646 г/м² в год. Напомним, что между периодами наблюдений прошло 10 лет. Все показатели биологического круговорота свидетельствуют об устойчивом функционировании пастбища с высокой нагрузкой, сообщество которого по видовому составу относится к III степени пастбищной дигрессии.

Пастбище Сылдыс. До 2010 г. нагрузка была очень высокой, на 2011 г. – резко снизилась. Ответ сообщества виден сразу же. G_{max} поднимается с 36 до 72 г/м², а $D+L$ с 43 до 107 г/м². Модель ответа подземной живой фитомассы подобен: запас живых корней при сильной нагрузке составил всего 218 г/м² (минимальна величина среди зарегистрированных)

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.

Климатические данные, характеризующие погодные условия 2011–2023 гг., показывают причины интенсивного прироста корней в 2011 г. Однако из опыта исследователей подземных органов в травяных экосистемах (Титлянова, Тесаржова, 1991; Титлянова и др., 2002; Титлянова, Самбуу, 2016) нам известно, что на прирост подземной фитомассы влияют как осенние погодные условия предыдущего года, так и динамика температуры почвы, и выпадение осадков данного года. Довольно часто наблюдаются 2-х или 3-х летние циклы усиленного роста и отмирания корней в травяных экосистемах большого региона.

Флюктуируя из года в год, структура фитомассы не показывает никакого сукцессионного тренда, в связи с постоянной пастбищной нагрузкой. Необходимо отметить, что на участке Кургалчы зарегистрирована самая высокая надземная продукция – 250 г/м² в год. Она в 4 раза выше, чем на участке Бай-Даг, в 1,3 и в 1,4 раза больше. Максимальная надземная продукция на стабильном пастбище связана с несколькими причинами: выпас осуществляется только зимой и летом, когда вся трава стоит на корню. Благодаря зимнему выпасу ветошь поедается и не препятствует росту травы весной, стабильный состав доминантов поддерживает бесперебойное вегетирование травостоя. Проведенный анализ показывает, что структура фитомассы, как и структура видового состава и доминантов, отвечает в степях на все изменения и особенности пастбищной нагрузки.

Заключение. На постоянную сильную нагрузку пастбище отвечает неизменностью запасов живой и мертвой фитомассы и постоянной величиной чистой первичной продукции.

Резкое снижение всех показателей продуктивности происходит при изменении гидротермических условий: отрицательные температуры и практически полное отсутствие осадков в апреле, низкие температуры и большая увлажненность в мае. В то же время значения показателей основных величин продуктивности 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. Изменения показателей продуктивности 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.

Благодарности. Работа выполнялась в рамках ВИП ГЗ (рег. № 1022090600007-9).

ЛИТЕРАТУРА

- Горшкова А. А., Зверева Г. К.** Экология степных сообществ Центральной Тувы // Степная растительность Сибири и некоторые черты ее экологии. – Новосибирск: Наука, 1982. – С. 19–41.
- Лавренко Е. М.** Степи СССР // Растительность СССР. Т. 2. – М.–Л.: АН СССР, 1940. – С. 1–265.
- Лавренко Е. М., Карамышева З. В., Никулина Р. И.** Степи Евразии. – Л.: Наука, 1991. – 146 с.
- Михайлов Н. И.** Горы Южной Сибири. – М.: Географгиз, 1961. – 283 с.
- Мурзаев Э. М.** Монгольская Народная Республика. – М.: Географгиз. Изд. 2, 1952. – 471 с.
- Намзалов Б. Б.** Степи Тувы и Юго-Восточного Алтая. – Новосибирск: академическое изд-во «Гео», 2015. – 294 с.
- Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР* / А. В. Куминова, В. П. Седелников, Ю. М. Маскаев и др.; Отв. ред. И. Ю. Коропачинский. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1985. – 254 с.
- Самбуу А. Д.** Пастбищные дигрессии и восстановительные смены степной растительности в Туве // Современные проблемы науки и образования, 2013. – № 5. URL: www.science-education.ru/111-10136
- Сухие степи МНР. Ч. 1.* Природные условия (Сомон Унджул). – Л.: Наука, 1984. – 166 с.
- Сухие степи МНР. Ч. 2.* Стационарные исследования (Сомон Унджул). – Л.: Наука, 1988. – 240 с.
- 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: Изд-во СО РАН, 2002. – С. 95–173.
- Титлянова А. А., Тесаржова М.** Режимы биологического круговорота. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1991. – 147 с.
- Титлянова А. А., Самбуу А. Д.** Сукцессии в травяных экосистемах. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2016. – 191 с.
- Шульгин И. А.** Растение и Солнце. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 252 с.