УДК 911.2:551.58

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФЛУКТУАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СТЕПЕЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ**Дубынина С.С.***Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru*

В статье на основе многолетних наблюдений рассмотрена динамика микроклимата и запасов зеленой массы степных экосистем Юго-Восточного Забайкалья. Степи Забайкалья представляют основное хранилище растительного покрова и занимают обширную территорию, которую можно отнести к криоксерофитному центральноазиатскому варианту настоящих степей. Климатические условия разных лет наблюдений значительно отличались друг от друга периодом сухих и влажных лет. Показано, что резкие колебания количества осадков в сухие годы (их приуроченность к первой половине и к концу лета), существенно влияют на численность вегетирующих особей, проективное покрытие и величину создаваемой зеленой массы. Выявлено, что во влажные годы (благоприятные годы) резко возрастают запасы растительного вещества, что находит свое отражение в сроках зеленения степи, начиная с мая, а максимум приходится на конец июля и начало августа. Установлены значительные изменения показателей фитомассы на полигон-трансекте в разные по условиям годы как в сообществах вершинных поверхностей, склонов разных экспозиций, так и в днище пади.

Ключевые слова: степи Юго-Восточного Забайкалья, микроклимат, экосистемы, полигон-трансект, растительный покров, фитомасса, зеленая масса

CLIMATIC FLUCTUATIONS AND CHANGE OF RESERVES OF GREEN MASS OF STEPPES OF SOUTH-EASTERN TRANSBAIKALIA**Dubynina S.S.***Institute of Geography V.B. Sochava, Irkutsk, e-mail: dubynina@irigs.irk.ru*

The article based on years of observations, much attention is paid to the dynamics of climate and reserves of green mass of steppe ecosystems of South-Eastern Transbaikalia. Steppes of Transbaikalia represent the main repository of vegetation and occupy large area, which can be attributed to crioceratites version of these Central Asian steppes. The climatic conditions of different years of observations were significantly different from each other, i.e. a period of dry and wet years. It is revealed that the sharp fluctuations in rainfall in dry years (their confinement to the first and the end of summer) significantly affect the number of vegetative individuals, the projective cover and the size of the generated minimal ground weight. Found that in wet years (good years) dramatically increases the reserves of plant substances, which is reflected in the timing of selenene steppes, beginning with the month of may, and the maximum occur at the end of July and beginning of August. A significant fluctuation in the indicators of phytomass on the polygon-transect in different terms of years as in the communities of the vertex surfaces, the slopes of different expositions and in the bottom of valley.

Keywords: steppes of the South-Eastern Transbaikal, microclimate, ecosystems, polygon-transect, vegetation cover, phytomass, green mass

Степи Юго-Восточного Забайкалья, своеобразные по своей природе, представляют основное хранилище растительного покрова и занимают обширную территорию, которую можно отнести к криоксерофитному центральноазиатскому варианту настоящих степей [9]. В системе физико-географического районирования они представляют самостоятельный Онон-Аргунский округ Монгольской степной провинции. Характеристика Онон-Аргунской степи и района исследований – Харанорской степи совмещают в себе черты горных и равнинных ландшафтов. Рельеф территории низкогорный, абсолютные высоты 805–900 м. В растительном покрове господствуют степные ассоциации, а флористический состав представлен ксерофитами, ксеромезофитами и криоксерофитами, которые наиболее адаптированные к местным условиям произрастания [8]. Доминантами

исследуемой Харанорской степи являются злаки: типчак (*Festuca lenensis*), вострец (*Aneurolepidium pseudoagropyrum*), ковыль (*Stipa baicalensis*), в разнотравье преобладает пижма (*Tanacetum sibiricum*).

Цель работы: оценка продуктивности современного состояния растительного вещества экосистем Харанорской степи в условиях изменения климата и сезонные изменения зеленой массы на полигон-трансекте, в годы сухих и влажных лет.

Материалы и методы исследования

Многолетние стационарные наблюдения и количественные учеты осуществлялись на Харанорском полигон-трансекте с 1962 по 1980 гг. в условиях заповедного режима. Результаты исследований освещены в ряде публикаций [2, 4, 10]. В 2001 г. наблюдения были продолжены по той же методике, что позволило определить возможные изменения в количественном составе зеленой массы растительных сообществ в многолетнем периоде, обусловленных метеорологическими условиями разных лет наблюдений (рис. 1).

Климат характеризуется резкой континентальностью, сочетающейся с недостаточным увлажнением, распространением многолетней мерзлоты, обилием солнечного света и отрицательными среднегодовыми температурами почвы. Каждый исследуемый год, с 2001 по 2016, своеобразен по метеорологическим условиям и является причиной изменчивости запасов зеленой массы растительных сообществ. Термические условия, несмотря на ряд лет значительных температурных аномалий сухости, оказывали меньшее воздействие на годовую динамику растительности, чем максимум выпавших осадков. В 2013 г. выпало аномальное количество осадков (520 мм в год), кото-

рое существенно повлияло на запасы зеленой массы в 2013, 2014 гг., а самые минимальные запасы отмечены в сухих – 2001, 2004 гг. [3].

В условиях естественного режима Харанорского полигон-трансекта исследовались шесть степных экосистем, которые сопряжены друг с другом, образуя ландшафтно-экологические ряды северного и южного склонов, соединенных днищем пади. Пространственные размещения на ландшафтном профиле растительных сообществ, учитывая – местоположение, виды-доминанты, проективное покрытие и состав почв, являются важнейшими характеристиками исследуемых экосистем (табл. 1).

Рис. 1. Флуктуации атмосферных осадков, температуры воздуха и средних запасов зеленой массы Харанорской степи (атмосферные осадки и температура воздуха, по данным метеостанции «Борзя»)

Таблица 1
Характеристика степных экосистем Харанорского полигон-трансекта

Растительное сообщество	Характеристика объектов			
	Рельеф участка	Виды доминанты	Проективное покрытие, %	Почва
Хамеродосово-типчачковое, т. 1	Вершина сопки	<i>Festuca lenensis</i> , <i>Chamaerhodos trifida</i> , <i>Pulsatilla turczaninovi</i>	25–40	Чернозем бескарбонатный слаборазвитый каменистый
Пижмовое сообщество, т. 2	Средняя часть северного склона	<i>Hemerocallis minor</i> , <i>Tanacetum sibiricum</i>	40–60	Чернозем мучнисто-карбонатный маломощный
Злаково-лугово-разнотравное, т. 3	Днище пади	<i>Aneurolepidium pseudoagropyrum</i> , <i>Carex duriuscula</i> , <i>Artemisia vulgaris</i>	80–90	Лугово-черноземная мощная мерзлотно-бескарбонатная
Вострецово-ковыльное, т. 4	Нижняя часть южного склона	<i>Aneurolepidium pseudoagropyrum</i> , <i>Stipa baicalensis</i> , <i>Koeleria cristata</i>	50–70	Чернозем мучнисто-карбонатный глубоковскипающий солонцеватый маломощный
Разнотравно-ковыльное, т. 5	Средняя часть южного склона	<i>Stipa baicalensis</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Festuca lenensis</i>	70–80	Чернозем мучнисто-карбонатный обычный солонцеватый среднemosный
Ковыльно-пижмовое, т. 6	Древняя поверхность выравнивания	<i>Stipa baicalensis</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Tanacetum sibiricum</i>	50–60	Чернозем мучнисто-карбонатный маломощный глубоковскипающий

Для оценки биологической продуктивности сообществ используются данные общего количества (запаса) растительного вещества надземной части травостоя (зеленая масса). Определение продуктивности исследуемых экосистем проводилось общепринятыми методами [7]. Надземная масса растений учитывалась на площадках размером 0,25 м² методом укосов в 3–5-кратной повторности с разбором на зеленую часть и отмершую (ветошь, подстилку). Растения состригались на уровне почвы и затем разбирались в лабораторных условиях. Образцы надземной массы, высушенные до абсолютно сухого состояния, взвешивались на электрических весах (ВЛТК-500). Строго соблюдались рекомендации по репрезентативности исследований, а также необходимое количество повторностей, в наиболее приемлемые сроки вегетационного периода развития травостоя [11]. Проведенная статистическая обработка материала, собранного за многолетние исследования, показала, что для определения надземной массы достаточно 3–5 повторностей с площадок по 0,25 м². Достоверность учета надземной массы составляет $\pm 1,5\%$.

Результаты исследования и их обсуждение

За многолетний период исследований облик степных сообществ неоднократно менялся в соответствии с климатическими флуктуациями в регионе. Максимальное количество осадков приурочено к летнему сезону вегетации, начиная с апреля по октябрь. Графики по атмосферным осадкам, представленные в виде топохроноизоплет наглядно подтверждают их изменения в течение вегетационного периода (рис. 2).

северо-запад). Годы наблюдений по осадкам Харанорской степи были переходными от засушливых лет к влажным, что находило свое отражение на сроках вегетации растительных сообществ. За анализируемый период наблюдений с 2001 до 2012 гг. эта закономерность была нарушена сухим периодом, который длился 11 лет. Исключением явился 2013 г., начиная с апреля по май выпало осадков до 90 мм, самое большое их количество зарегистрировано за июнь и июль в сумме – 310 мм, а общая сумма вместе с осенними, зимними и весенними осадками за год составила – 520 мм. В 2013 г. в почву поступило большое количество влаги, и обильные дожди промокли почву на глубину до 2,0 м [1]. В ходе годового количества осадков прослеживается несколько периодов. Весенне-ранний период с сухой, холодной весной и малым количеством осадков до 30 мм. Среднелетний период (июнь, июль) характеризуется повышенным количеством осадков до 156 мм (2013 г.). В среднелетний период сухих и жарких лет (июнь, июль) наблюдается понижение до 23 мм (2003, 2004 гг.). Позднеосенний период сухих и прохладных лет: осадки в сентябре, октябре повысились до 30 мм. В некоторые годы в позднеосенний период отмечено до 76 мм (2004 г.), а в 2016 г. – до 117 мм.

В табл. 2 приводятся многолетние данные запасов зеленой массы в период мак-

Рис. 2. Изменение атмосферных осадков за вегетационный период с 2000 по 2016 гг. в степях Забайкалья

На рис. 2 представлен ход осадков за вегетационный период многолетних наблюдений по данным метеостанции Борзя, наиболее близко расположенной к ключевому участку полигон-трансекта (около 30 км на

симального развития травостоя. Прослеживается четкая ритмичность, обусловленная своеобразием гидротермических условий года. Каждая ассоциация полигон-трансекта существенно отличается по средним много-

летним величинам сухих и влажных лет. Из наблюдаемых лет более благоприятным для развития растений был 2013 и 2014 гг., о чем свидетельствуют максимальные величины запасов зеленой массы полугидроморфного днища пади (т. 3) и сообществ южного склона: вострещово-ковыльного (т. 4), разнотравно-ковыльного (т. 5). Минимальные количества отмечены на вершине сопки в хамеродосово-типчаковом сообществе (т. 1).

Сезонная динамика фитомассы в степях Забайкалья обусловлена биоклиматической обстановкой. Выявлена четкая ритмичность накопления запасов вещества в течение вегетационного периода, что совпадает с данными других исследователей [5, 6]. Во всех экосистемах зеленая масса возрастает постепенно к концу июля (максимум приходится на август), а затем наступает ярко выраженный спад [12, 13].

Из сухого одиннадцатилетнего периода в сухом – 2004 г., отличающемся весенне-раннелетней засухой (рис. 3, а), начало вегетации было поздним (конец мая и первая декада июня). Своеобразие погодных условий заметно отразилось на ритме развития фитомассы, за счет небольших осадков (20 мм) и высокой температуры (20°C): зеленая масса составляла лишь 15–47 г/м² в сообществах вершинных положений полигон-трансекта в хамеродосово-типчаковом (т. 1) и ковыльно-пижмовом (т. 6), и 30–70 г/м² на южном склоне в вострещово-ковыльном (т. 4), и разнотравно-ковыльном (т. 5). Про-

странственно-временные модели запасов зеленой массы (рис. 3, б) выявляют существенную динамику изучаемых показателей. Максимальных значений они достигают до 200 г/м² в среднелетнем периоде (конец июля, август) в сообществах южных склонов – разнотравно-ковыльном (т. 5), вострещово-ковыльном (т. 4). Сравнение с весенне-раннелетним периодом показало увеличение запасов зеленой массы почти в 4 раза.

Запасы зеленой массы остаются значительными с конца сентября до начала октября 2004 г., так как в сентябре выпало наибольшее количество осадков (71,5 мм). Сентябрь был влажным и теплым, без заморозков, и ярко выраженного спада фитомассы не произошло. Высокие показатели зеленой массы, до 150 г/м², (сентябрь) сохранялись на южном склоне в разнотравно-ковыльном (т. 5) и вострещово-ковыльном (т. 4) сообществах полигон-трансекта. Значительное отклонение высоких показателей запасов фитомассы в осеннем периоде, происходит за счет сдвинутых сроков вегетации поздне-осенних видов растений, т.к. они не смогли реализовать свои потенциальные возможности (цветение, плодоношение) из-за крайне ограниченного времени оптимального сочетания тепла и влаги в среднелетний период. Большое влияние оказали условия аномально продолжительной летней засухи. Минимальные запасы зеленой массы от 22 до 64 г/м² отмечены в позднеосенний период в сообществах вершинных поверхностей (т. 1, т. 6).

Таблица 2

Многолетняя динамика максимальных запасов зеленой массы в августе, г/м² (абсолютно сухой вес)

Годы	Точки полигон-трансекта					
	т. 1	т. 2	т. 3	т. 4	т. 5	т. 6
2001	42	82	165	103	137	133
2002	84	133	217	138	159	183
2003	64	88	204	121	148	93
2004	23	83	164	178	149	85
2005	78	153	146	207	201	121
2006	72	70	126	167	116	86
2007	56	88	185	126	120	104
2008	44	145	246	123	151	161
2009	86	112	228	158	175	131
2010	91	129	231	142	219	149
2011	66	108	219	147	157	125
2012	78	213	266	219	239	170
2013	89	221	360	213	301	205
2014	90	161	371	339	319	181
2015	81	188	311	258	301	182

Рис. 3. Сезонная динамика запасов зеленой массы и погодных условий в сухом 2004 г. Харанорской степи: а – среднемесячная температура воздуха и осадки; б – пространственно-временные модели запасов зеленой массы за вегетационный период. Топохроноизоплетями показаны запасы зеленой массы в г/м²

Рис. 4. Сезонная динамика запасов зеленой массы и погодных условий влажного 2013 г. Харанорской степи: а – среднемесячная температура воздуха и осадки; б – пространственно-временные модели запасов зеленой массы за вегетационный период. Топохроноизоплетями показаны запасы зеленой массы в г/м²

По погодным условиям 2004 и 2013 гг. значительно отличались друг от друга, так как 2013 г. очень влажный год (рис. 4, а). Сходство этих годов проявлялось лишь

в одном: максимальный запас зеленой массы приходился на август месяц (рис. 4, б).

Данные по формированию надземной массы в сообществах полигон-трансекта

показали, что варьирование во влажные годы значительно. Ее приспособляемость к резко меняющимся погодным и экологическим условиям достигается за счет изменения состава видов в зеленой массе и флуктуации климатических условий тепла и влаги. Высокие показатели фитомассы прослеживаются при температуре воздуха 18–20 °C и сумме осадков до 150 мм (рис. 4, а). Нарастание зеленой массы в ранне-весенне-летний период (мае и июне) 2013 г. протекало активно и к июлю достигло 300 г/м² (рис. 4, б). Самый значительный запас фитомассы приходится на август от 300 до 400 г/м² на южном склоне в вострещово-ковыльном сообществе (т. 4) и злаково-лугово-разнотравном днище пади (т. 3). Запасы зеленой массы в августе влажного 2013 г. превышают сухой 2004 г. почти в 2 раза (см. рис. 3, б). Сообщества вершинные (т. 1, т. 6) и северного склона (т. 2) заканчивают свой позднесенний вегетационный период в сентябре, октябре, приобретая желтоватовоеточный вид, масса зелени составляет от 15 до 30 г/м² (рис. 4, б), тогда как сообщества полугидроморфного днища пади и южного склона продолжают вегетировать. Влажный 2013 г. повлиял на последующий за ним 2014 г., где максимальные запасы зеленой массы в августе составляли – 371 г/м² (см. табл. 2).

Выводы

1. В сообществах Харанорской степи выявлен характер динамики растительного вещества в зависимости от гидротермических условий за период сухих и влажных лет.
2. Установлены значительные изменения показателей фитомассы на полигон-трансекте в разные по условиям годы в сообществах разных элементов рельефа.
3. Резкие колебания количества осадков в сухие годы и их приуроченность к вер-

шинным местоположениям имеют минимальный запас зеленой массы. Максимум зафиксирован в августе на южном склоне в разнотравно-ковыльном сообществе (т. 5).

4. Максимальные запасы надземной массы травостоя выявлены в сообществах полигон-трансекта во влажные годы (июль-август), как в травостое ложбин, так и на южном склоне в вострещово-ковыльном сообществе (т. 4).

Список литературы

1. Давыдова Н.Д., Дубынина С.С. Динамика показателей состояния Северных степей Центральной Азии в современных условиях // Экосистемы Центральной Азии в современных условиях социально-экономического развития. – Улан-Батор, Монголия, 2015. – Т. 2. – С. 347–351.
2. Дружинина Н.П. Фитомасса степных сообществ Юго-Восточного Забайкалья. – Новосибирск. 1973. – 150 с.
3. Дубынина С.С. Биологическая продуктивность растительного вещества степей Юго-Восточного Забайкалья в экстремальных условиях климата // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–2. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23245>.
4. Изучение степных геосистем / Под ред. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Наука, 1970. – 237 с.
5. Казанцева Т.И. Продуктивность зональных растительных сообществ степей и пустынь Гобийской части Монголии. – М.: Наука, 2009. – 339 с.
6. Кандалова Г.Т. Степные пастбища Хакасии: трансформация, восстановление, перспективы использования. – Новосибирск, 2009. – 163 с.
7. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. – М.: Мысль, 1978. – 182 с.
8. Сафронова И.Н. Об использовании некоторых терминов в степеведении // Степи Северной Евразии. Материалы VI международного симпозиума. – Оренбург, 2012. – С. 658–660.
9. Сочава В.Б. Онон-Аргунская степь как объект стационарных физико-географических исследований // Алкучанский Говин. – М.; Л.: Наука, 1964. – С. 3–23.
10. Степи Центральной Азии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 298 с.
11. Титлянова А.А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1991. – 174 с.
12. Топологические аспекты учения о геосистемах / Под ред. В.Б. Сочавы. – Новосибирск: Наука, 1974. – 294 с.
13. Топология степных геосистем. – Л.: Наука, 1970. – 174 с.