

УДК 911.2 (571.51)

ПРОДУКТИВНОСТЬ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ ГЕОСИСТЕМ НАЗАРОВСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗА ГОДЫ НАСТОЯЩЕГО СТОЛЕТИЯ (2000–2018 ГГ.)

Дубынина С.С.

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

Даны количественные характеристики биологической продуктивности надземной массы геосистем Назаровской лесостепи Березовского участка. Наиболее распространенными геосистемами растительного покрова, как прошлого, так и настоящего столетия, являются лесные луга – лесные поляны, подвергающиеся выпасу и сенокосению, настоящие луга с мезофитной растительностью, а также низинные болота с луговым вейниково-осоковым, тростниково-лабазниковым травяным покровом. Встречающиеся на неудобьях участки травяных геосистем – залежи, которые используются в основном как заброшенные участки под сенокосы. Выбор Березовского участка исследования обусловлен особенностями ландшафтной структуры и позволяет изучить запасы фитомассы. Для достижения поставленной цели проведен сбор и анализ данных материалов о составе и состоянии растительного покрова. Выявлены закономерности природных режимов, характеризующих сезонную динамику запасов надземной массы (живой части и мортмассы), обусловленную метеорологическими показателями (тепла и влаги). Запасы фитомассы под влиянием погодных условий накладывают существенный отпечаток на ход изменений луговых сообществ не только в течение вегетационного сезона, но существенно различаются и по величинам фитомассы, что прослеживается по средним и максимальным ее показателям 19-летнего периода (2000–2018 гг.) исследования. Каждая фация характеризуется вполне определенной динамикой растительного вещества, и максимальное накопление фитомассы достигается в конкретный, только для нее характерный срок. В результате исследования наиболее продуктивными фациями данного региона по средним показателям зеленой массы выстроились в следующий ряд: травяное болото > мезофитный луг > залежь > лесной луг, по запасам мортмассы в следующий ряд: травяное болото > залежь > лесной луг > мезофитный луг.

Ключевые слова: Назаровская лесостепь, Березовский участок, травяные геосистемы, фации, растительный покров, надземная масса (зеленая масса и мортмасса), микроклимат

PRODUCTIVITY OF ABOVEGROUND MASS OF GEOSYSTEMS OF THE NAZAROVSKY FOREST-STEPPE OF THE YEARS OF THE PRESENT CENTURY (2000–2018)

Dubynina S.S.

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

Quantitative characteristics of the biological productivity of the aboveground mass of geosystems of the Nazarovsky forest-steppe of the Berезovsky section are given. The most common geosystems of vegetation cover, both in the past and present centuries, are forest meadows-forest clearings that are subjected to grazing and haymaking, real meadows with mesophytic vegetation, as well as lowland swamps with meadow weinikovo-sedge, reed – labaznikovym grass cover. Areas of grass geosystems found on trees are deposits that are used mainly as abandoned areas for haymaking. The choice of the Berезovsky research site is due to the features of the landscape structure and allows you to study the reserves of phytomass. To achieve this goal, we collected and analyzed data on the composition and state of vegetation cover. The regularities of natural regimes that characterize the seasonal dynamics of aboveground mass reserves (live parts and mortmass) due to meteorological indicators (heat and moisture) are revealed. Phytomass reserves under the influence of weather conditions have a significant impact on the course of changes in meadow communities not only during the growing season, but also differ significantly in the values of phytomass, which can be traced by the average and maximum indicators of its 19-year period (2000–2018). Each facies is characterized by a well-defined dynamics of plant matter and the maximum accumulation of phytomass is achieved in a specific, only for it characteristic period. As a result of the study, the most productive facies of this region in terms of average green mass were lined up in the following row: grass swamp > mesophytic meadow > fallow > forest meadow, in terms of mortmass reserves in the following row: grass swamp > fallow > forest meadow > mesophytic meadow.

Keywords: Nazarovskaya forest-steppe, Berезovsky area, grass geosystems, facies, vegetation cover, aboveground mass (green mass and mortmass), microclimate

Растительный покров Назаровской лесостепи характеризуется большой комплектностью. Биологическая продуктивность надземной массы – основной показатель функционирования геосистем. Разнообразие геосистем в зоне лесостепи Средней Сибири большое. Рельеф зоны лесостепи в основном представлен западинами и гривами. Растительные сообще-

ства выстраиваются по принципу геохимической сопряженности элементарных ландшафтов (фаций) от лугов до низинных болот. Для познания природных режимов в ходе исследования динамики биологической продуктивности надземной массы применялся метод, который позволяет выявить пространственно-временные связи фаций [1].

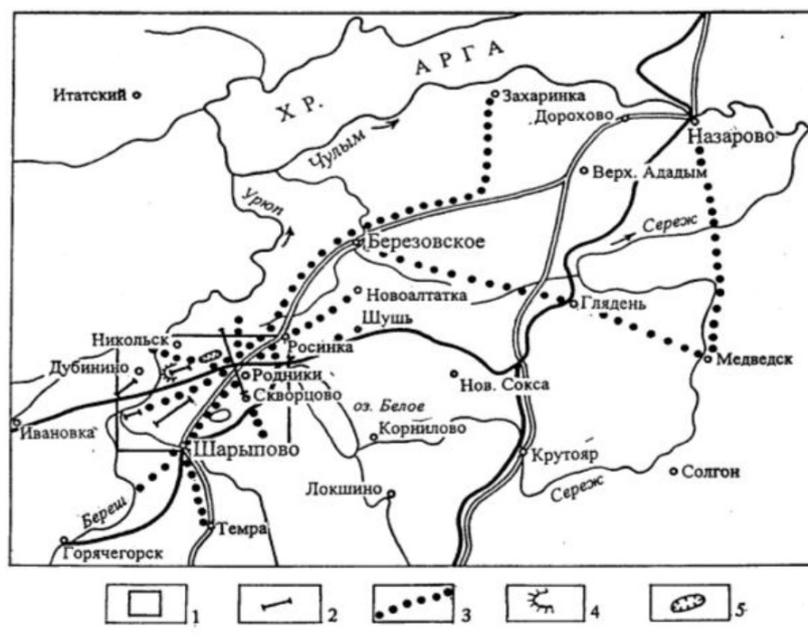


Рис. 1. Обзорная схема объектов исследований: 1 – Березовский участок, 2 – природные и техногенные профили, 3 – маршруты исследований, 4 – пойменный отвал Березовского карьера, 5 – Березовский угольный разрез № 1

Цель исследования: показать особенности изменений надземной фитомассы естественных травяных геосистем, определяемых, прежде всего, своеобразием гидро-термических условий за вегетационный период, а также различие фаций по величинам надземной фитомассы по средним и максимальным показателям в многолетнем ряду нового столетия (2000–2018 гг.) Назаровской лесостепи Березовского участка.

Материалы и методы исследования

Назаровский природный округ принадлежит к лесостепному поясу со слабоувалисто-равнинной поверхностью. Значительную часть площади занимают лесные, настоящие луга, на втором месте встречающиеся на неудобьях участки – залежи, а также настоящие целинные геосистемы лесостепной зоны и низинные болота с луговым вейниково-осоковым, тростниково-лабазниковым травяным покровом (рис. 1).

Объектами изучения явились 4 фации Березовского участка в направлении с севера на юг Родники – Скворцово – урочище руч. Отножка. Протяженность профиля 2250 м, с абсолютными высотами от 300–310 м. Основу травостоя лесного луга на профиле – Родники (ф. 2) составляет злаково-разнотравная растительность с темно-серой лесной контактно-луговой

глубоковскипающей тяжелосуглинистой почвой. Доминантами разнотравья являются: кровохлебка лекарственная, тысячелистник обыкновенный, герань ложносибирская, подорожник большой, погребок малый. Основу злаков составляют: тимофеевка луговая, мятлик луговой и осоки – осока приземистая. На продолжении профиля Скворцово в урочище руч. Отножка проводились исследования на (ф. 6). Растительный покров настоящего луга – злаково-бобово-разнотравный с лугово-черноземной мощной среднесуглинистой почвой на покровных суглинках, где представителями разнотравья являются мезофитные виды: борщевик рассеченный, реброплодник уральский. Из бобовых видов доминируют – чина Гмелина и горошки. Доминант злаков – это вейник тростникововидный. Следующая фация (ф. 4) – болото высокотравно-осоковое закустаренное заочкаренное с лугово-болотистой иловатой карбонатной слоистой почвой. Растущие на болоте виды: лабазник вязолистный, крапива двудомная, чемерица Лобеля, вейник наземный, осока болотолюбивая, хвощ луговой. Заканчивается профиль – антропогенная короткопроизводная модификация фации (ф. 3а) – залежью, которая используется в основном под сенокос. Растительный покров представляют в основном злаки: тимофеевка степная,

пырей ползучий, типчак ложноовечий, мятлик луговой, из разнотравья: хвощ полевой, подорожник большой, звездчатка. Многие авторы отмечали, что растительность лугов лесостепей Южного Урала и Новосибирской области опирается на всех перечисленных выше типах экосистем. Формирование видов растительности данных лесостепей имеет большое эколого-фитоценозное разнообразие с богатым флористическим составом, который сопоставим с видовым составом Назаровской лесостепи [2–4].

Известно, что в формировании лесостепных типов ландшафтов ведущая роль принадлежит климатическому фактору (рис. 2).

Наиболее выраженным и последовательным параметром изменения климата является температура воздуха. Вегетационный период начинается в первой половине апреля, когда наступает устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0°C . Максимальная температура воздуха отмечается с июня по август. За время наблюдений с 2000 г. среднего-

довая температура воздуха имела отрицательные значения в 2009 и 2010 гг. Максимальные значения были выявлены в 2002, 2007, 2015 и 2017 гг. (свыше $3,0^{\circ}\text{C}$ при норме $0,9^{\circ}\text{C}$).

Значимым показателем состояния атмосферы, оказывающим наряду с температурой воздуха влияние на трансформацию растительного покрова, являются осадки. Большая часть осадков приходится на летний период. В течение вегетационного периода наблюдается цикличность сухих и влажных лет. Количество атмосферных осадков в основном близко к норме (444 мм) с отклонениями как в сторону увеличения (до 618 мм в 2002 г.), так и в сторону уменьшения (до 347 мм в 2011 г.). Таким образом, количество осадков различалось более чем в два раза. За время наблюдений осадков выше нормы было в 2000, 2004, 2014, 2015 и 2017 гг. Минимальное количество осадков установлено в 2011 г. Выявлено, что количество осадков за год имеет устойчивый положительный тренд [5].

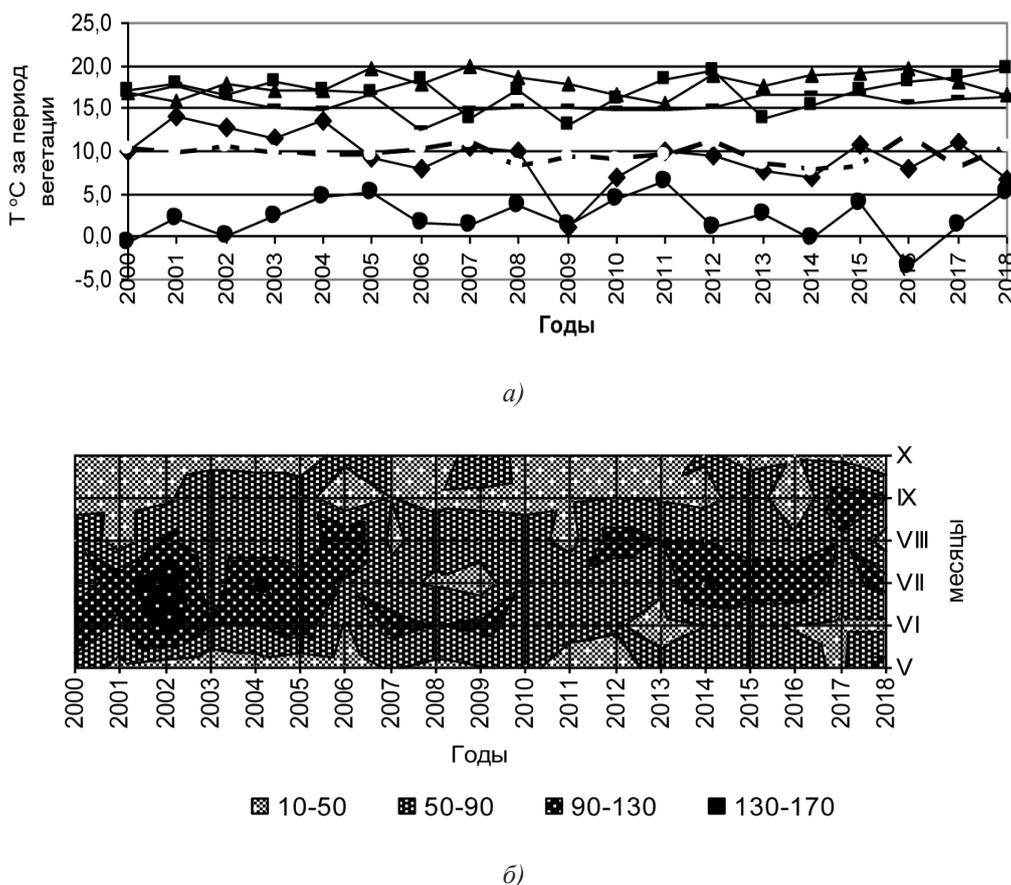


Рис. 2. Характеристика метеорологических условий Шарыповского района за вегетационный период с мая по октябрь (2000–2018 гг.): а – среднемесячные показатели температуры ($T^{\circ}\text{C}$); б – месячная сумма осадков (по данным метеостанции г. Шарыпово)

Для оценки биологической продуктивности используются данные по запасам надземной массы на единицу площади ($\text{г}/\text{м}^2$). Основным методом учета надземной фитомассы является метод укосов, который проводился по общепринятым методикам [6]. Размер учетных площадок для укосов составлял $0,25 \text{ м}^2$. Укосы брались в трех- и пятикратной повторности с подбором однородного растительного покрова. Сбор фитомассы проводился в динамике от 4 до 5 раз за сезон в зависимости от длительности вегетационного периода. Зеленую массу (G) и ветошь (D) срезали на уровне почвы, затем с площадки собирали подстилку (L). Ветошь и подстилка образуют мортмассу (D + L). Образцы фитомассы высушивались 8–12 ч в сушильном шкафу при температуре $+105^\circ\text{C}$ до абсолютно сухого веса, затем взвешивались (ошибка подсчета средней не превышает $\pm 15\%$).

Результаты исследования и их обсуждение

На Березовском участке Назаровской лесостепи каждая геосистема характеризуется вполне определенной динамикой надземной массы [7]. Построенные графические пространственно-временные модели запасов зеленой массы (G) обнаруживают существенную динамику изучаемых показателей луговых фаций за вегетационный период в 2000–2018 гг., которые разбиты на группы лет с колебанием годовых осадков. Показатели фитомассы геосистем по годам меняются в сравнительно тесной зависимости от погодной обстановки и внутренних ритмов развития конкретной фации. Сезонная изменчивость проявляет свои ежегодные особенности в каждой фации в зависимости от гидротермических условий конкретного года, а еще для всех фаций очень важны осень и зима предшествующего года. Умеренно теплыми и влажными являются 2002, 2004 гг. Особенно 2002 г. отличался большим количеством осадков, что больше средней многолетней нормы почти в 2 раза. Осадки 2002 г. дали положительный результат по запасам зеленой массы в июле и в августе на (ф. 6) и в июле – на (ф. 4) до $800 \text{ г}/\text{м}^2$ (рис. 3, а).

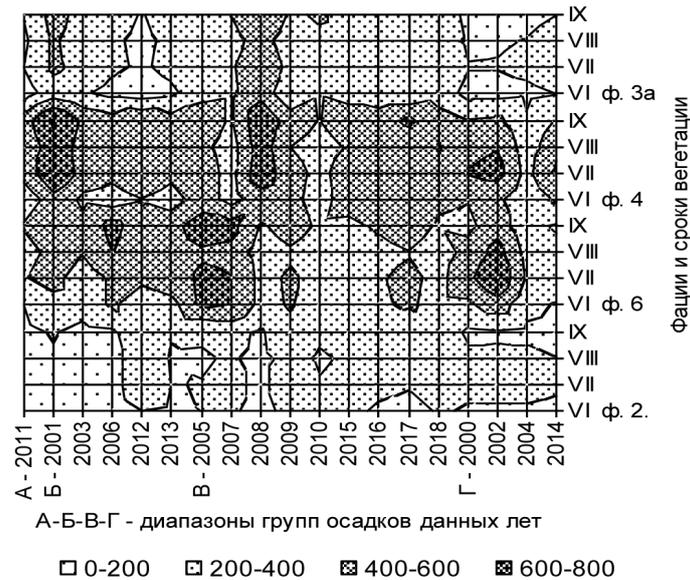
Экстремально низкие запасы пришлись на 2006, 2012, 2013 гг. на залежи (ф. 3а) из-за осадков весны текущего года и сенокосной нагрузки. Хотя сенокосная нагрузка полностью не разрушает растительный покров, при рациональном использовании

видовой состав сохраняется и сохраняется продуктивность фитомассы. На лесном лугу (ф. 2) в течение всего вегетационного периода низкие запасы зеленой массы отмечены в 2011, 2001, 2003, 2006 гг. до $200 \text{ г}/\text{м}^2$.

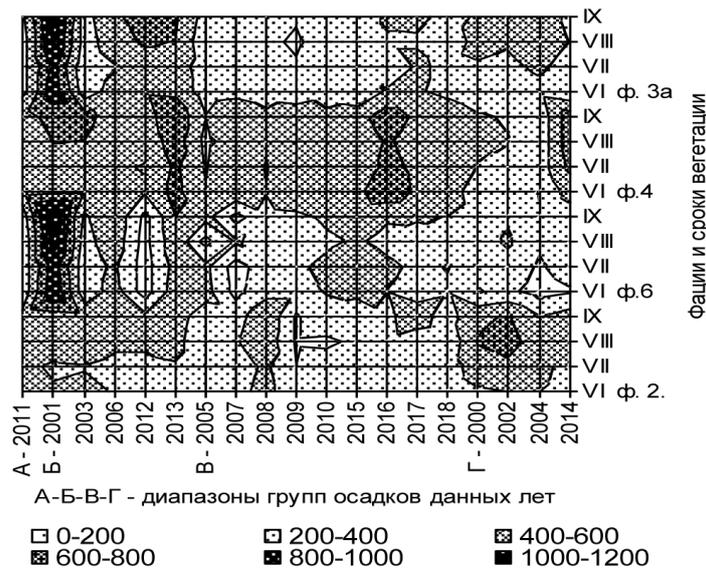
Изменение количества мортмассы (D + L) – наиболее динамичная характеристика при сравнении разных типов травяных геосистем Назаровской лесостепи (рис. 3, б).

Процесс отмирания зеленой массы растений и образования мортмассы прямо противоположный, но зависит также от погодных условий года. Исследование внутригодовой динамики количества мортмассы в фациях изучаемого профиля показывает высокую варьированность. Более высокие запасы (D + L) отмечены в 2001 г. на мезофитном лугу (ф. 6) и залежи (ф. 3а) в течение всего вегетационного периода с максимумом до $1200 \text{ г}/\text{м}^2$. Минимальные запасы мортмассы до $200 \text{ г}/\text{м}^2$ отмечены в 2012, 2007, 2009 и 2004 гг. При близких показателях эти годы имеют свои особенности. Например, низкие запасы мортмассы в 2012 г., начиная с июня до конца вегетационного периода, можно рассматривать как следствие перестройки растительного сообщества от недостатка влаги и высокой температуры. Большое влияние на 2012 г. оказал предыдущий 2011 г., который также прошел в условиях недостаточного увлажнения и повышенной температуры. Подверженный палу 2004 г. отразился на весенних запасах мортмассы на мезофитном лугу (ф. 6) с минимальным значением – $128 \text{ г}/\text{м}^2$. В следующем после пала году в фациях присутствует лишь одногодичная ветошь, имеющая другую интенсивность деструкции. В течение исследуемых лет (2000–2018 гг.) сезонная динамика запасов мортмассы характеризуется отношением $(D + L)_{\text{max}} / (D + L)_{\text{min}}$ – это отношение составляло в мезофитном лугу и на залежи – 6, на травяном болоте – 4, на лесном лугу – 2. Значения больших величин свидетельствуют о существенной динамике запасов (D + L) в течение теплого сезона, небольшие – указывают на плавные и равномерные изменения мортмассы.

Существенно различаются фации и по величинам зеленой массы, что прослеживается по средним и максимальным ее показателям. За годы исследования наиболее благоприятными для развития зеленой массы по максимальным показателям являются следующие луговые фации: лесной луг (ф. 2) – 2009 г., мезофитный (ф. 6) – 2002 г., болото (ф. 4) и залежь (ф. 3а) – 2001 г. (табл. 1).



а)



б)

Рис. 3. а. Топохроноизоплетами показаны запасы зеленой массы; $г/м^2$ в фациях: лесного луга (ф. 2); мезофитного луга (ф. 6); и ф. 4 – болото, ф. 3а – залежь. Показаны диапазоны групп годовых осадков: А – 338–401; Б – 401–463; В – 463–525; Г – 525–713 мм. б. Топохроноизоплетами показаны запасы мортмассы; $г/м^2$ в фациях: лесного луга (ф. 2); мезофитного луга (ф. 6); и ф. 4 – болото, ф. 3а – залежи. Показаны диапазоны групп годовых осадков: А – 338–401; Б – 401–463; В – 463–525; Г – 525–713 мм

Минимальные запасы зеленой массы: лесной луг – 2011 г., мезофитный – 2014 г., болото – 2004 г. и залежь – 2000 г. Принимая во внимание средние и максимальные пока-

затели зеленой массы за 19 лет исследования, изученные фации можно расположить в такой ряд: травяное болото > мезофитный луг > залежь > лесной луг.

Таблица 1

Запасы зеленой массы луговых фаций на участке Назаровской лесостепи
в 2000–2018 гг., г/м²

Год	Величина	Запасы зеленой массы по фациям			
		Лесной луг, ф. 2	Мезофитный луг, ф. 6	Болото, ф.4	Залежь, ф. 3а
2000	Средняя	209	430	490	165
	Максимальная	261	537	612	206
2001	Средняя	182	433	723	410
	Максимальная	209	496	829	470
2002	Средняя	211	627	539	168
	Максимальная	263	783	673	210
2003	Средняя	128	390	485	293
	Максимальная	147	447	556	335
2004	Средняя	207	294	268	190
	Максимальная	259	367	335	238
2005	Средняя	204	636	516	330
	Максимальная	225	704	571	366
2006	Средняя	154	582	420	206
	Максимальная	167	667	481	236
2007	Средняя	239	607	322	361
	Максимальная	258	673	358	400
2008	Средняя	150	343	680	544
	Максимальная	172	380	779	603
2009	Средняя	300	420	449	309
	Максимальная	352	465	498	367
2010	Средняя	207	335	354	387
	Максимальная	232	371	392	429
2011	Средняя	131	334	397	168
	Максимальная	163	416	495	210
2012	Средняя	270	405	542	170
	Максимальная	309	464	600	194
2013	Средняя	194	460	419	218
	Максимальная	208	527	480	250
2014	Средняя	185	222	509	235
	Максимальная	231	278	638	294
2015	Средняя	254	329	473	334
	Максимальная	292	364	524	370
2016	Средняя	236	383	484	254
	Максимальная	263	424	536	281
2017	Средняя	198	436	571	254
	Максимальная	260	484	633	325
2018	Средняя	268	345	430	329
	Максимальная	308	382	477	357
За 19 лет	Средняя	207	422	480	280
	Максимальная	241	486	551	323

Существенно различаются фации по средним и максимальным показателям мортмассы. В зависимости от погодной обстановки и внутренних ритмов развития в больших пределах от года к году изменяется величина (D + L) во всех изучаемых

фациях. С минимальными запасами отмечается в лесном лугу 2009 г., мезофитном лугу – 2007, 2012 гг., в травяном болоте – 2004 г. и залежи – 2009 г., с максимальными запасами в той же последовательности фаций – в 2002, 2001, 2014, 2001 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Запасы мортмассы луговых фаций на участке Назаровской лесостепи в 2000–2018 гг., г/м²

Год	Величина	Запасы мортмассы по фациям			
		Лесной луг, ф. 2	Мезофитный луг, ф. 6	Болото, ф. 4	Залежь, ф. 3а
2000	Средняя	512	264	383	386
	Максимальная	609	317	436	460
2001	Средняя	439	1039	597	987
	Максимальная	500	1189	667	1122
2002	Средняя	558	340	346	358
	Максимальная	666	429	408	423
2003	Средняя	453	316	582	286
	Максимальная	516	358	651	327
2004	Средняя	396	182	254	451
	Максимальная	489	221	279	538
2005	Средняя	273	461	387	281
	Максимальная	281	483	408	291
2006	Средняя	414	501	471	488
	Максимальная	471	567	524	564
2007	Средняя	301	116	565	316
	Максимальная	373	136	583	329
2008	Средняя	512	323	424	237
	Максимальная	585	342	471	259
2009	Средняя	191	349	547	203
	Максимальная	205	375	565	210
2010	Средняя	269	412	454	278
	Максимальная	307	435	467	286
2011	Средняя	433	272	500	328
	Максимальная	450	283	527	340
2012	Средняя	408	119	439	600
	Максимальная	462	136	495	681
2013	Средняя	418	530	700	573
	Максимальная	499	600	783	648
2014	Средняя	425	270	632	327
	Максимальная	517	334	697	391
2015	Средняя	243	455	499	293
	Максимальная	267	482	539	329
2016	Средняя	370	401	541	362
	Максимальная	380	427	562	432
2017	Средняя	340	362	541	419
	Максимальная	476	419	562	441
2018	Средняя	294	384	500	338
	Максимальная	326	406	516	347
За 19 лет	Средняя	382	374	493	395
	Максимальная	441	418	534	443

По средним и максимальным показателям мортмассы за 19 лет исследования, изученные фации можно расположить в такой ряд: болото > залежь > лесной луг > мезофитный луг. В то же время с продолжением лет исследования показатели этих рядов фаций могут меняться местами в связи с гидротермической характеристикой тепла и влаги, а также в зависимости от биологической особенности величины фитомассы доминирующих видов.

Заключение

Продуктивность фитомассы исследуемых фаций определяется условиями тепла и влаги. За весь период наблюдений с 2000 г. среднегодовая температура воздуха в Назаровской лесостепи имела отрицательные значения только в 2009–2010 гг. Максимальные показатели температуры воздуха в котловине установлены в 2002, 2007, 2015 и 2017 гг. (свыше 3,0°C при норме 0,9°C). Количе-

ство осадков сверх нормы за период наблюдений зафиксировано в 2000, 2004, 2014, 2015 и 2017 гг. Минимальное количество осадков выявлено в 2011 г.

Полученные результаты показали, что 2002 г. отличался большим количеством осадков, что больше средней многолетней нормы почти в 2 раза. Эти осадки дали положительный результат по запасам зеленой массы в июле и в августе на (ф. 6) и в июле – на (ф. 4) до 800 г/м². Более высокие запасы мортмассы отмечены в 2001 г. на мезофитном лугу (ф. 6) и залежи (ф. 3а) с максимумом до 1200 г/м².

В результате исследований (2000–2018 гг.) фации Березовского участка по средним запасам надземной фитомассы выстроились в следующие ряды: для зеленой массы – болото > мезофитный луг > залежь > лесной луг, для мортмассы – болото > залежь > лесной луг > мезофитный луг.

Список литературы / References

1. Сочава В.Б. Геотопология как раздел учения о геосистемах – современный этап развития комплексной физической географии // Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1971. С. 3–87.

Sochava V.B. Geotopology as a section of the theory of geosystems – a modern stage of development of complex physical geography // Topologicheskiye aspekty ucheniya o geosistemakh. Novosibirsk: Nauka, 1971. P. 3–87 (in Russian).

2. Косых Н.П. Продуктивность экосистем лесостепи Западной Сибири // Степи Северной Евразии: материалы седьмого международного симпозиума. Оренбург, 2015. С. 420–424.

Kosykh N.P. Productivity of forest-steppe ecosystems in Western Siberia // Stepi Severnoy Yevrazii: materialy sed'mogo mezhdunarodnogo simpoziuma. Orenburg, 2015. P. 420–424 (in Russian).

3. Миронычева-Токарева Н.П., Шибарева С.В. Эволюция растительного покрова лугов лесостепной зоны // По-

чвы в биосфере: сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Томск, 10–14 сентября 2018 г.) / Отв. ред. А.И. Сысо. Томск, 2018. С. 329–332.

Mironycheva-Tokareva N.P., Shibareva S.V. Evolution of vegetation cover of meadows in the forest-steppe zone // Pochvy v biosfere: sbornik materialov Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 50-letiyu Instituta pochvovedeniya i agrokhimii SO RAN (Tomsk, 10–14 sentyabrya 2018 g.) / Otv. red. A.I. Syso. Tomsk, 2018. P. 329–332 (in Russian).

4. Миронычева-Токарева Н.П. Эволюция растительного покрова лугов Южного Урала // Гео-Сибирь. 2009. Т. 4. № 2. С. 78–83.

Mironycheva-Tokareva N.P. Evolution of vegetation cover of meadows of the southern Urals // Geo-Sibir'. 2009. T. 4. № 2. P. 78–83 (in Russian).

5. Воробьева И.Б. Динамика гидротермических показателей и особенности изменений естественных и антропогенно измененных почв Назаровской лесостепи Средней Сибири // Успехи современного естествознания. 2019. № 10. С. 39–44.

Vorob'yeva I.B. Dynamics of hydrothermal indicators and features of changes in natural and anthropogenic soils of the Nazar forest-steppe of Central Siberia // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2019. № 10. P. 39–44 (in Russian).

6. Титлянова А.А. Методология и методы изучения продукционно-деструкционных процессов в травяных экосистемах // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. Изд. 2-е, испр. и доп. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. С. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5.

Titlyanova A.A. Methodology and methods for studying production and destruction processes in grass ecosystems // Biologicheskaya produktivnost' travyanykh ekosistem. Geograficheskiye zakonomernosti i ekologicheskiye osobennosti. Izd. 2-e, ispr. i dop. Novosibirsk: IPA SO RAN, 2018. P. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5 (in Russian).

7. Дубынина С.С. Биологическая продуктивность травяных геосистем лесостепной зоны Назаровской котловины // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9–1. С. 113–118.

Dubynina S.S. Biological productivity of grass geosystems of the forest-steppe zone of the Nazar basin // Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2014. № 9–1. P. 113–118 (in Russian).