

УДК 551.509.22 (470.67)

## **НАКОПЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И БАЛАНС ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ЭКСПОЗИЦИЯМ СКЛОНОВ СРЕДНЕГОРНЫХ И ПРЕДГОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДАГЕСТАНА И ТИПАМ ПОЧВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ**

**Г. Н. Гасанов, Т. А. Асварова, Ш. К. Салихов, Н. И. Рамазанова**

Прикаспийский институт биологических ресурсов ДНЦ РАН

---

В статье представлены результаты исследования накопления и транслокации органического вещества, концентрации и запасов калия, кальция и фосфора, скомпенсированности баланса этих элементов в фитомассе на различных экспозициях горных склонов и типах почв на равнине. Установлено, что максимальные значения вегетирующей и всей надземной фитомассы достигаются на южной экспозиции Среднегорья, юго-западной – Предгорья, в Терско-Кумской подпровинции – на светло-каштановой почве. Концентрация и запасы химических элементов соответствуют урожайности фитоценозов.

The article presents results of studying accumulation and translocation of organic matter, concentration and content of potassium, calcium, and phosphorus, compensation of balance of these elements in the phytomass in various exposures of mountain slopes and soil types on the plain. Established is the fact that the maximum values of the vegetating and all the overground phytomass are on the southern exposures of the middle highlands, southwest foothills, in the Terek-Kuma subprovince on the light-chestnut soil. Concentration and content of chemical elements correspond to the productivity of phytocenoses.

**Ключевые слова:** тип почвы; блок органического вещества; накопление надземной массы; накопление корневой массы; концентрация химических элементов; запасы химических элементов; баланс химических элементов; скомпенсированность балансов.

**Keywords:** soil type; unit of organic matter; accumulation of overground mass; root mass accumulation; concentration of chemical elements; chemical elements reserves; balance of chemical elements; compensation of balances.

Проблема транслокации и баланса органического вещества и химических элементов в экосистемах исследуется начиная с 60-х гг. прошлого века в рамках выполнения «Международной Биологической Программы» с охватом 500 различных экосистем мира. Программа включает тундру, степи, саванны и пустыни Евразии, Северной, Латинской Америки и Карибского бассейна, Африки, Австралии и Океании [1–4]. Однако различные биомы – лесотундра, тайга, травяные экосистемы, тропические леса и др. – резко различаются между собой по структуре фитомассы и интенсивности обменных процессов. В таких масштабных исследованиях количественно определить интенсивность всех процессов круговорота веществ очень сложно и, как отмечают авторы работы [5], носят приближенный характер. В этой связи актуальным является проведение исследований по накоплению, транслокации по блокам органического вещества и балансам химических элементов в таких контрастных по своим экологическим условиям регионах, как Восточный Кавказ и Прикаспий.

Исследования в этих областях, проведенные у нас в стране [1–3, 5] и за рубежом [6], несмотря на их территориальную масштабность, не базируются на точных, подтвержденных экспериментами данных по действию и взаимодействию различных факторов (гидротермических условий, типа почвы, степени и химизма засоления и др.), обуславливающих формирование фитомассы в экосистемах, не дают количественную оценку транслокации и перераспределению органической массы и химических элементов по блокам органического вещества. В

намечаемых нами исследованиях предполагается устранить перечисленные проблемы.

#### **Методика исследований**

Исследования проводились в 2011–2016 гг. на различных гипсометрических отметках (0; 1000 и 1700 м), экспозициях склонов и типах почв на Терско-Кумской равнине (Кочубейская биосферная станция ПИБР ДНЦ РАН), на южной и северной экспозициях склонов Предгорной и Среднегорной подпровинций (экспериментальные базы «Цудахарская» и «Верхний Гуниб» Горного ботанического сада ДНЦ РАН). Площадь экспериментальных участков по 100 м<sup>2</sup>, каждый из них разделен на 100 постоянных квадратов площадью по 1 м<sup>2</sup> (1×1 м) полиэтиленовым шпагатом. На огороженных площадках был введен заповедный режим. Продуктивность растительных сообществ определяли укосным методом на трех учетных площадках по 1 м<sup>2</sup>. Учет накопления надземной массы проводили по А.А. Титляновой [2]. Латинские названия видов растений даны по С.К. Черепанову [7]. Содержание азота в фитомассе определялось по ГОСТ 134-96.4-93, фосфора, калия и кальция – капиллярным электрофорезом «Капель-105М» (в режиме определения катионов и анионов). Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову [8].

#### **Результаты исследований**

Максимальные значения вегетирующей (17,2 кг/га сутки) и всей надземной (79,0 кг/га·сутки) фитомассы достигаются на южной экспозиции Среднегорья на высоте 1700 м над уровнем моря. Это на 17,1% больше, чем на северной экспозиции склона той же гипсометрической отметки (табл. 1). Полученные нами результаты не согласуются с данными подавляющего большинства исследователей [9–11], которые отмечают наиболее высокую продуктивность фитоценозов именно на северной экспозиции склонов по сравнению с южной. Данное «противоречие» объясняется рядом причин (заповедным режимом содержания пастбищ, отсутствием водной и пастбищной эрозии, высокой степенью проективного покрытия, благоприятными гидротермическими условиями).

В Предгорной подпровинции надземной фитомассы накапливается меньше, чем на Среднегорной: на южной экспозиции на 22,8%, на северной – на 51,1%. Подземная масса фитоценозов снижается соответственно по экспозициям склонов на 17,2 и 22,8%, а всей фитомассы – на 20,7 и 39,1%. Связано это с относительно низким гидротермическим коэффициентом в горно-долинных условиях предгорий: 0,65 против 1,1 в Среднегорной подпровинции.

В условиях Терско-Кумской подпровинции по накопленной за период вегетации надземной массе светло-каштановая почва превосходит лугово-каштановую в 2,6, солончак типичный – в 2,7 раза, в том числе по зеленой массе (в переводе на воздушно-сухую) – в 2,4 и 2,7 раза.

Исходя из приведенных в табл. 1 данных видно, что по мере увеличения гипсометрических отметок увеличивается отношение ветоши к зеленой массе – от 1,5–1,6 на равнине до 1,69–1,75 в Предгорье и 1,80–1,95 в Среднегорье. Снижается доля ветоши в южных и юго-западных экспозициях склонов при одновременном увеличении их в северных. Однако по накоплению степного войлока в рассматриваемых экологических условиях наблюдается обратная картина. Доля его имеет самые низкие значения на максимальных гипсометрических отметках (1700 м) – 15,5–16,9% от всей надземной массы, увеличиваясь в Предгорье до

25,5–27,2%, причем бóльшие из этих значений относятся к южной и юго-западной экспозициям. На равнине показатели эти увеличиваются в зависимости от типа почвы до 29,9–31,3%, меньший из них приходится на лугово-каштановую почву. Анализируя полученные данные, можно заметить, что транслокация органического вещества из блока «зеленая масса» в блок «ветошь» усиливается по мере увеличения гипсометрических отметок и соответственного улучшения водного режима почв. Максимальные значения при этом получены на южной экспозиции склона Среднегорной, юго-западной – Предгорной, а также на светло-каштановой почве Терско-Кумской подпровинции. Однако переход растительной массы из этих блоков в блок «степной войлок» происходит в обратном порядке: отмечается увеличение его доли на равнине до 29,9–31,3% с постепенным снижением до 25,5–27,2% в Предгорье и до 15,5–16,9% в Среднегорье.

**Таблица 1.** Накопление надземной и подземной фитомассы в блоках органического вещества по гипсометрическим отметкам, экспозициям склонов Восточного Кавказа и типам почв Северо-Западного Прикаспия, 2011–2016 гг., кг/га сутки

Блок органического вещества	Среднегорье, 1700 м н. у. м.		Предгорье, 1000 м н. у. м.		Равнина, 0 м н. у. м.		
	экспозиция склона				тип почвы		
	северная	южная	северная	южная	светло-каштановая	лугово-каштановая	солончак типичный
Зеленая масса, G	14,7	17,2	11,5	9,5	9,2	3,8	3,4
Ветошь, D	28,6	31,0	20,1	16,1	14,4	6,2	5,2
Войлок, L	29,2	30,8	17,3	13,0	9,1	2,7	2,8
Вся надземная масса, G + D + L	72,5	79,0	48,9	38,6	32,7	12,7	11,4
Живая подземная масса, R	154,4	173,7	124,2	111,1	110,4	48,3	42,2
Мертвая подземная масса, V	94,6	122,4	82,0	78,9	82,6	37,2	32,5
Вся подземная масса, R + V	249,0	296,1	206,2	190,0	193,0	83,5	71,0
Вся фитомасса	321,5	375,1	255,1	228,5	225,7	96,2	82,4
Доля подземной массы в общей фитомассе, %	78,4	78,9	80,8	83,1	85,5	86,8	86,2

В интенсификации процессов транслокации органического вещества из зеленой массы в ветошь, а в дальнейшем и в войлок первостепенное значение имеет термический фактор, поскольку с увеличением среднемесячной температуры воздуха за период вегетации естественного фитоценоза с 14,4 и 19,4°C (по

экспозициям склонов) в Среднегорье до 9,5 и 19,5°С в Предгорье доля войлока в общей надземной массе увеличивается в среднем на 10,2% (с 16,2 до 26,4%), до 21,1°С на равнине – еще на 4,3% (с 26,4 до 30,7%).

Значительные отличия отмечены и в накоплении корневой массы фитоценозов (табл. 2). Доля ее в общей фитомассе по экспозициям склонов Среднегорья составляет 78,4–78,9%, в предгорье увеличивается 80,8–83,1%, по типам почв на Терско-Кумской низменности имеет максимальные показатели – 85,5–86,8%. Средние показатели концентрации химических элементов в целом соответствуют накопленному урожаю фитомассы. Из химических элементов наибольшую концентрацию в зеленой фитомассе имеет калий – 2,38–2,66%, кальция содержится меньше в среднем в 4,7 раза, фосфора – в 10,5 раза. В остальных блоках органического вещества максимальное процентное содержание отмечено по кальцию: в ветоши в среднем 0,43, войлоке – 0,87, в подземных органах – 0,98. Это больше соответственно в 1,3; 2,5 и 2,3 раза, чем калия и в 7,2; 7,2 и 12,2 раза, чем фосфора. Более высокая концентрация перечисленных химических элементов наблюдается в надземной массе Среднегорья: фосфора в среднем по трем блокам 0,13%, калия – 0,91, кальция – 0,60% от сухой массы фитоценоза. Относительно меньше их содержится в предгорных условиях – соответственно 0,12 и 0,84% фосфора и калия при одинаковом количестве кальция. В Терско-Кумской полупустыне концентрация фосфора снижается до 0,11%, калия – до 0,80, кальция – до 52% в среднем по типам почв. В подземных органах концентрация фосфора меньше, чем в надземной в 1,6 раза, калия – в 2,0 раза, кальция, наоборот, больше в 1,8 раза.

Максимальные запасы фосфора в надземной массе фитоценоза за вегетационные периоды накапливаются в Среднегорной подпровинции – 8,4 кг/га на южной экспозиции склона, 9,6 – на северной. В Предгорной подпровинции они снижаются до 5,4–4,3 кг, причем верхний уровень приходится на северный склон (табл. 3). На Терско-Кумской низменности фосфора в надземных органах накапливается меньше в среднем в 1,7 раза по сравнению с Предгорной подпровинцией и в 5,3 раза – чем в Среднегорье. Однако запасы этого элемента в фитомассе, полученной на светло-каштановой почве, превышают аналогичные показатели на лугово-каштановой почве и солончаке типичном соответственно в 2,8 и 3,0 раза.

**Таблица 2.** Концентрация химических элементов в фитомассе по гипсометрическим отметкам, экспозициям склонов Восточного Кавказа и типам почв Северо-Западного Прикаспия, 2011–2016 гг., % в сухой массе

Блок органического вещества	Элемент	Среднегорье, 1700 м н. у. м.		Предгорье, 1000 м н. у. м.		Равнина, 0 м н. у. м.		
		экспозиция склона				тип почвы		
		северная	южная	северная	южная	светло-каштановая	лугово-каштановая	солончаковый
Зеленая масса, G	фосфор	0,18	0,20	0,18	0,18	0,17	0,17	0,16
	калий	2,66	2,65	2,43	2,72	2,51	2,42	2,38
	кальций	0,48	0,48	0,39	0,46	0,37	0,32	0,35

Ветошь, D	фосфор	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
	калий	0,42	0,45	0,42	0,43	0,39	0,38	0,39
	кальций	0,49	0,51	0,48	0,48	0,46	0,45	0,46
D : G	фосфор	0,39	0,35	0,33	0,33	0,29	0,29	0,31
	калий	0,16	0,18	0,17	0,18	0,16	0,16	0,16
	кальций	1,08	1,06	1,10	1,04	1,08	1,12	1,09
Войлок, L	фосфор	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12	0,11
	калий	0,48	0,47	0,42	0,45	0,42	0,42	0,43
	кальций	1,16	1,14	1,12	1,17	1,15	1,15	1,14
L : D	фосфор	1,86	1,86	2,00	2,00	2,2	2,4	2,2
	калий	1,27	1,14	0,91	1,06	1,10	1,07	1,03
	кальций	1,95	2,11	2,08	2,08	2,20	2,17	2,16
В подземных органах, R + V	фосфор	0,09	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,07
	калий	0,52	0,55	0,52	0,54	0,50	0,48	0,48
	кальций	1,22	1,19	1,20	1,18	1,19	1,13	1,14

**Таблица 3.** Запасы химических элементов в фитомассе по гипсометрическим отметкам, экспозициям склонов Восточного Кавказа и типам почв Северо-Западного Прикаспия, 2011-2016 гг., кг/га

Блок органического вещества	Элемент	Среднегорье, 1700 м н. у. м.		Предгорье, 1000 м н. у. м.		Равнина, 0 м н. у. м.		
		экспозиция склона				тип почвы		
		се-вер-ная	южная	се-вер-ная	южная	свет-ло-кашта-новая	лугово-кашта-новая	солончак типичный
Зеленая масса, G	фосфор	2,6	3,4	2,1	1,7	1,6	0,6	0,5
	калий	39,1	45,6	27,9	25,8	23,1	9,2	8,1
	кальций	7,1	8,3	4,5	4,4	3,4	1,2	1,2
Ветошь, D	фосфор	2,0	2,2	1,2	1,0	0,7	0,3	0,3
	калий	12,0	14,0	8,4	6,9	5,6	2,4	2,0
	кальций	14,0	15,8	9,6	7,7	6,6	2,8	2,4
Войлок, L	фосфор	3,8	4,0	2,1	1,6	1,0	0,3	0,3
	калий	14,0	14,5	7,3	5,8	3,8	1,1	1,2
	кальций	33,9	35,1	19,4	14,6	10,5	3,1	3,2
Всего в надземной массе	фосфор	8,4	9,6	5,4	4,3	3,3	1,2	1,1
	калий	65,1	74,1	43,6	38,5	32,5	12,7	11,3
	кальций	55,0	59,2	33,5	26,7	20,5	7,1	6,8
В подземных органах, R + V	фосфор	22,4	26,6	16,5	17,1	13,5	5,8	5,0
	калий	129,5	154,0	107,2	102,6	83,0	40,1	34,1
	кальций	303,8	361,2	247,4	224,2	218,1	94,4	80,9
Всего фитомассы	фосфор	30,8	36,2	21,9	21,4	16,8	7,0	6,1
	калий	194,6	228,1	150,8	141,1	115,5	52,8	45,4
	кальций	358,8	420,4	280,9	250,9	238,6	101,5	88,7

Запасы калия в надземной фитомассе исследуемых участков в среднем превышают запасы фосфора по всем экспериментальным участкам в 6,2 раза. При этом максимальные значения, как и в случае с фосфором, получены в Среднегорной подпровинции – 69,6 кг/га, в предгорье они снижаются до 41,0 кг, на Терско-Кумской низменности – до 18,8 кг/га. На лугово-каштановой почве и солончаке типичном эти показатели были минимальными – 12,7–11,2 кг/га.

Кальция в надземной массе фитоценозов накапливается в среднем 32,9 кг/га, или в 6,3 раза больше, чем фосфора и в 1,3 раза меньше, чем калия. Запасы его в фитоценозе Среднегорной подпровинции составляют в среднем за годы исследований и по экспозициям склонов 57,1 кг/га, в Предгорной снижаются до 30,1, по типам почв Терско-Кумской низменности – до 11,5 кг/га.

Средние запасы химических элементов в корневой массе по всем исследуемым подпровинциям гораздо больше, чем в надземной. Так, в Среднегорной подпровинции фосфора накапливается в надземной массе 9,0 кг/га, в корневой массе – 33,5 кг/га, в Предгорной соответственно 4,8 и 21,4 кг/га, на Терско-Кумской низменности – 2,8 и 10,0 кг/га, а в среднем по всем подпровинциям увеличиваются в 3,9 раза. Запасы калия в подземной массе превышают показатели в надземной части фитоценозов в 2,3 раза (99,7 кг/га против 43,1 кг/га), кальция – в 7,1 раз (233,1 кг/га против 32,9 кг/га).

С учетом приведенных выше данных нами составлены балансы фосфора, калия и кальция в биогеоценозах рассматриваемых подпровинций (табл. 4). При расчетах количества химических элементов, выщелоченных из надземных органов фитоценозов, и прижизненных выделений из подземных органов нами приняты данные А.А. Титляновой [2].

**Таблица 4.** Баланс химических элементов в травяных экосистемах Среднегорной и Предгорной подпровинций в зависимости от гипсометрических отметок и экспозиций склонов и типов почв на Терско-Кумской низменности, 2011–2016 гг., кг/га

Подпровинция	Экспозиция склона (тип почвы) *	Всего потреблено из почвы	Перешло из		Закреплено в ветоши	Возвращено в почву				
			подземных органов в надземные	надземных органов в подземные		выщелочено из надземных органов	выделено прижизненно из подземных органов	при разложении войлока	при разложении подzemных органов	всего
Фосфор										
Среднегорье	1	30,2	0,3	0,0	2,0	1,6	1,8	3,8	22,4	29,6
	2	36,2	0,3	0,0	2,2	1,6	1,8	4,0	26,6	34,0
Предгорье	1	21,9	0,3	0,0	1,2	1,5	1,8	2,1	16,5	21,9
	2	21,4	0,3	0,0	1,0	0,7	1,8	1,6	17,1	21,2
Терско-Кумская равнина	3	16,8	0,3	0,0	0,7	0,8	1,2	1,0	13,5	16,5
	4	7,0	0,3	0,0	0,3	0,8	1,1	0,3	5,8	8,0
	5	6,1	0,3	0,0	0,3	0,8	1,1	0,3	5,0	7,2
Калий										

Средне-горье	1	194,6	45,0	8,2	12,0	20,2	14,0	14,0	129,5	177,1
	2	228,1	43,0	7,5	14,0	20,2	14,0	14,5	154,0	202,7
Предгорье	1	150,8	42,2	7,7	8,4	18,4	14,0	7,3	107,2	146,9
	2	141,1	42,2	6,5	6,9	18,4	14,0	5,8	102,6	140,8
Терско-Кумская равнина	3	115,5	35,5	4,5	5,6	10,2	10,0	3,8	83,0	107,0
	4	52,8	30,0	3,0	2,4	10,2	10,0	1,1	40,1	61,4
	5	45,4	30,0	3,0	2,0	10,2	10,0	1,2	34,1	55,5
Кальций										
Средне-горье	1	358,8	15,0	0,0	13,3	0,0	12,0	33,9	303,8	349,7
	2	420,4	14,0	0,0	16,8	0,0	15,0	35,1	361,2	411,3
Предгорье	1	280,9	13,0	0,0	8,8	0,0	15,0	17,1	247,4	279,5
	2	250,9	13,0	0,0	12,4	0,0	15,0	31,9	224,2	244,6
Терско-Кумская равнина	3	238,6	10,0	0,0	7,5	0,0	16,0	10,5	218,1	244,6
	4	101,5	7,0	0,0	2,4	0,0	16,0	3,1	94,4	113,5
	5	88,7	7,0	0,0	2,3	0,0	16,0	3,2	80,9	100,1

*Примечание:* 1 - северная; 2 - южная; 3 - светло-каштановая; 4 - лугово-каштановая; 5 - солончак типичный автоморфный.

Полученные нами результаты исследований показывают, что баланс калия, в приходную часть которого включено количество элемента, закрепленного в ветоши и возвращенного в почву, складывается положительный в Предгорной подпровинции (103,0-104,7%), на лугово-каштановой почве (120,8%) и солончаке типичном (126,6%) на Терско-Кумской низменности (табл. 4).

На остальных экспериментальных участках этот показатель снижался на 2,5-5,0%. Баланс калия, в приходную часть которого включено количество элемента, закрепленного в ветоши и возвращенного в почву, складывается положительный в Предгорной подпровинции (103,0-104,7%), на лугово-каштановой почве (120,8%) и солончаке типичном (126,6%) на Терско-Кумской низменности. Таким образом, на всех экспериментальных участках в условиях заповедного режима складывается скомпенсированный баланс фосфора и кальция, а по калию он близок к нему в Среднегорной подпровинции (95,0-97,2%) и на светло-каштановой почве Терско-Кумской низменности (97,5%). Эти данные являются средними за 2011-2016 гг. Однако по годам они менялись существенно в зависимости от гидротермических условий, с которыми связаны видовой состав и продуктивность фитоценозов.

### Заключение

Впервые исследованы и выявлены закономерности концентрации фосфора, калия и кальция, их запасов и балансов в блоках органического вещества по гипсометрическим отметкам и экспозициям склонов Восточного Кавказа и типам почв Северо-Западного Прикаспия.

В интенсификации процессов транслокации органического вещества из зеленой массы в ветошь, а в дальнейшем и в войлок, первостепенное значение имеет термический фактор. Из химических элементов наибольшую концентрацию в зеленой фитомассе имеет калий – 2,38–2,66%, кальция содержится меньше в среднем в 4,7 раза, фосфора – в 10,5 раза. В остальных блоках органического вещества максимальное процентное содержание отмечено по кальцию: в ветоши в среднем 0,43, войлоке – 0,87, в подземных органах – 0,98. Это больше соответственно в 1,3; 2,5 и 2,3 раза, чем калия и в 7,2; 7,2 и 12,2 раза, чем фосфора.

В Среднегорной подпровинции скомпенсированный баланс получен по фосфору (100,0–104,6%) и кальцию (101,2–108,8%), по калию он приближается к нему (95,0–97,2%). В Предгорной подпровинции по всем трем элементам питания он скомпенсирован на уровне 102,4–108,4%. На Терско-Кумской равнине он имеет положительные значения на лугово-каштановой почве и солончаке типичном (114,0–126,7%), на светло-каштановой почве – только по фосфору (102,4%) и кальцию (105,7%), а по калию отмечается нескомпенсированность баланса на 2,2%.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Родин Л.Е. Первичная продуктивность пустынных сообществ Северной Африки // Проблемы освоения пустынь. 1976. № 3/4. С. 55–65.
2. Титлянова А.А. Продуктивность травяных экосистем // Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности / под ред. В.Б. Ильина. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1988. С. 109–127.
3. Титлянова А.А. Сравнительный анализ продуктивности центральноазиатских причерноморско-казахстанских степей // Степи Центральной Азии. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2002. С. 174–200.
4. Arthur M.A., Hamburg S.P., Siccata T.G. Validating allometric estimates of aboveground living biomass and nutrient contents of a northern hardwood forest // Can. J. Forest Res. 2001. Vol. 31. P. 11–17.
5. Базилевич Н.И., Титлянова А.А. Биотический круговорот на пяти континентах. Азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2008. 381 с.
6. Clark D.A., Brown S., Kicklighter D.W. Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data // Ecol. Appl. 2001. Vol. 11. P. 371–384
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР. Л.: Наука, 1981. 510 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
9. Белолюбцев А.И. Агроклиматическая оценка продуктивности фитоценозов на склоновых землях // Изв. Моск. с.-х. акад. им. Тимирязева. 2010. № 4. С. 52–61.
10. Братков В.В. Пространственно-временная структура ландшафтов Большого Кавказа : дис. ... д-ра геогр. наук. Ростов н/Д, 2002. 335 с.

11. Фролов В.Ю. Особенности фитоценотической структуры сосновых лесов восточной части Центрального Кавказа : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005. 21 с.

*Поступила в редакцию 26.04.2017 г.*

*Принята к печати 30.06.2017 г.*