

ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ГУМИДНЫХ ВЫСОКОГОРИЙ  
АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ ПО ЗАПАСАМ ФИТОМАССЫ

Ch.N. Sambyla

PHYTOWEIGHT STOCKS CHARACTERISTIC OF PLANT COMMUNITIES  
OF HUMID ALTAI-SAYAN MOUNTAIN AREA HIGHLANDS

**Самбыла Ч.Н.** – канд. биол. наук, доц. каф. педагогики и методики дошкольного и начального образования Кызылского педагогического института Тувинского государственного университета, г. Кызыл. E-mail: choigansam@mail.ru

**Sambyla Ch.N.** – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Pedagogics and Techniques of Preschool and Primary Education, Kyzyl Teacher Training College, Tuva State University, Kyzyl. E-mail: choigansam@mail.ru

В статье представлены результаты исследования (2007–2010 гг.) восьми эталонных полигонов растительности (Кузнецкий Алатау, хребты Ивановский, Семинский, Крыжина, Ойский, Кулумыс, Ергаки, Куртушибинский), расположенных в высокогорном поясе гумидного биоклиматического сектора Алтае-Саянской горной области. Учет фитомассы проводили методом укосов с площадки 0,25 м<sup>2</sup> в пяти- и десятикратной повторности. В анализ включены данные фитомассы 1350 учетных площадок, в том числе надземной (900) и подземной (450). Установлено, что общие запасы фитомассы (ОФМ) растительности высокогорий гумидного сектора области варьируют в широких пределах: в различных сообществах – 17332±259 г/м<sup>2</sup>, формациях – 17095±453 и группах формаций – 13272±742 г/м<sup>2</sup>. Наибольшие показатели характерны подгольцовым кустарникам, наименьшие – травяным тундрам. В структуре ОФМ разных типов сообществ участие надземной составляющей в среднем варьирует в пределах 53±18 %, подземной – 47±83 %. Существенный вклад в формирование общей массы вносит подземная масса, в том числе подземные органы растений на глубине 0–10 см почвы (90–97 %). Соотношение запасов надземной и подземной фитомассы в разных типах сообществ составляет 1:1±1:5, что показывает емкость подземного яруса по отношению к накоплению общей фитомассы. Показана и охарактеризована тесная зависимость запасов ОФМ от надземной и подземной массы, а также взаимная обусловленность запасов ПФМ от массы подземных органов растений на глубине 0–10 и 10–20 см почвы ( $r = 0,77-0,99$ ).

**Ключевые слова:** запасы надземной и подземной фитомассы, растительные сообщества, гумидный биоклиматический сектор, Алтае-Саянская горная область.

The results of research (2007–2010) of eight reference zones of vegetation (Kuznetsk Alatau, ridges Ivanovsky, Seminsky, Kryzhina, Oysky, Kulumys, Ergaki, Kurtushibinsky) located in a mountain belt of humid bioclimatic sector of Altai-Sayansk mountain area are presented in the study. The accounting of phytomass was carried out by the method of hay crops from the platform of 0.25 m<sup>2</sup> in five- and tenfold frequency. The analysis included the phytomass of 1350 registration platforms, including elevated (900) and underground (450). It was established that general stocks of the phytomass (GSP) of vegetation of highlands of humid sector of the area varied over a wide range: in various communities – 17332±259 of g/m<sup>2</sup>, in formations – 17095±453 and in the groups of formations – 13272±742 of g/m<sup>2</sup>. The greatest indicators were typical of podzolic bushes, the smallest – to the grass tundra. In the structure of GSP of different types of communities' participation elevated averaging varies within 53±18 % of percentage, underground – 47±83 %. Essential contribution to formation of lump was made by underground weight, including underground bodies of plants at the depth of 0–10 cm of the soil (90–97 %). The ratio of stocks of elevated and underground phytomass in different types of communities made 1:1±1:5 that showed the capacity of underground circle in relation to accumulation of general phytomass. Close dependence of stocks of GSP on elevated and underground weight, and also mutual conditionality of stocks of GSP on the mass of underground bodies

of plants at the depth of 0–10 and 10–20 cm of the soil is shown and characterized ( $r = 0.77–0.99$ ).

**Keywords:** resources of high-level and low-level biomass, plant communities, humus bioclimatic sector, the Altai-Sayan mountain area.

**Введение.** При характеристике первичной продукции растительного покрова континентов ряд исследователей большое значение придавали климатическим факторам [1, 2], рельефу [3], а также фитоценотическим показателям [4–9]. С одной стороны, в гумидных высокогорьях значительное влияние на растительность оказывает распределение и динамика снегового покрова, особенности зимнего промерзания почв, длительность вегетационного периода и т. д. [10]. С другой стороны, в условиях обильного снегонакопления и короткого вегетационного периода в сообществах формируется различная фитомасса не только в типах сообществ, но и в пределах однотипных ценозов. Вместе с тем, следует обратить внимание и на слабую освещенность запасов общей фитомассы (ОФМ), в том числе подземной составляющей, сообществ гумидных высокогорий Алтае-Саянской горной области (АСГО), в связи с этим сложно охарактеризовать особенности их функционирования.

**Цель исследования:** характеристика ландшафтообразующих сообществ гумидного биоклиматического сектора Алтае-Саянской горной области по запасам фитомассы.

**Материалы и методы исследования.** В пределах гумидного биоклиматического сектора (ГБС) АСГО луга занимают обширные пространства в гольцовом и подгольцовом поясах высокогорий. Наиболее распространены субальпийские луга с доминированием *Aconitum septentrionale*, *A. sajanense*, *Saussurea latifolia*, *Athyrium distentifolium*, *Stemmacantha carthamoides*, *Veratrum lobelianum*, *Geranium albiflorum*, *Bistorta major*, *Euphorbia pilosa* и альпийские – *Doronicum altaicum*, *Aquilegia glandulosa*, *Sibbaldia procumbens*, *Ranunculus altaicus* ценозы. По мере увеличения абсолютных высот и расчлененности рельефа с севера на юг увеличивается разнообразие экологических условий, способствующих формированию тундровых сообществ с доминированием *Juniperus sibirica*, *Rhododendron aureum*, *Dryas oxyodonta*, *Empetrum nigrum*, *Hierochloa alpina* и др. [11, 12].

Материалом для исследований послужили данные фитомассы, собранные автором в

2007–2010 гг. в восьми эталонных полигонах растительности (Кузнецкий Алатау, хребты Ивановский, Семинский, Крыжина, Ойский, Кулумыс, Ергаки, Куртушибинский), характеризующие гумидный биоклиматический сектор Алтае-Саянской горной области [12]. Учет надземной фитомассы (НФМ) проводился методом укосов с площадок 0,25 м<sup>2</sup> в десятикратной повторности, подземной фитомассы (ПФМ) – методом монолитов в пятикратной повторности [13], а число учетных площадок составило 900 и 450 соответственно. В анализ включены запасы фитомассы 900 учетных площадок, соответствующие 90 различным сообществам, 34 формациям и 7 типам сообществ, относящимся к 2 классам формаций – высокогорные тундры и луга. Типы сообществ согласно эколого-морфологической [14] и эколого-исторической классификации [12] соответствуют группам формаций, в составе которых нами рассматриваются подгольцовые кустарники (3 %), кустарничковые (20 %), кустарниковые (19 %), лишайниковые (13 %), травяные тундры (4 %), субальпийские (27 %) и альпийские луга (14 %). Все образцы НФМ высушивали до абсолютно сухого состояния [15]. Полученные данные обработали статистически общепринятыми методами [16], а также при помощи прикладных пакетов программ «SNEDECOR» [17], «Statistica 6.0» for Windows. Для определения взаимосвязей признаков использован коэффициент корреляции Бравэ-Пирсона ( $r$ ), для пространственной вариабельности значений фитомассы были определены среднее арифметическое и стандартная ошибка.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Запасы ОФМ растительности гумидных высокогорий варьируют в широких пределах: в отдельных сообществах – 259÷17332 г/м<sup>2</sup>, в формациях – 453÷17095 и в группах формаций – 742÷13272 г/м<sup>2</sup> (рис. 1, А–В). Значительное варьирование этого показателя прослеживается и в пределах однотипных сообществ. Так, в лишайниковых тундрах ОФМ колеблется от 260 (дриадово-кладониевые) до 5000 г/м<sup>2</sup> (овсяницево-кладониевые), что, несомненно, связано с фракционным составом фитомассы.

Для классификации высокогорных сообществ по величине ОФМ был построен вариационный ряд, позволивший выделить уровни (или классы) запасов (табл.).

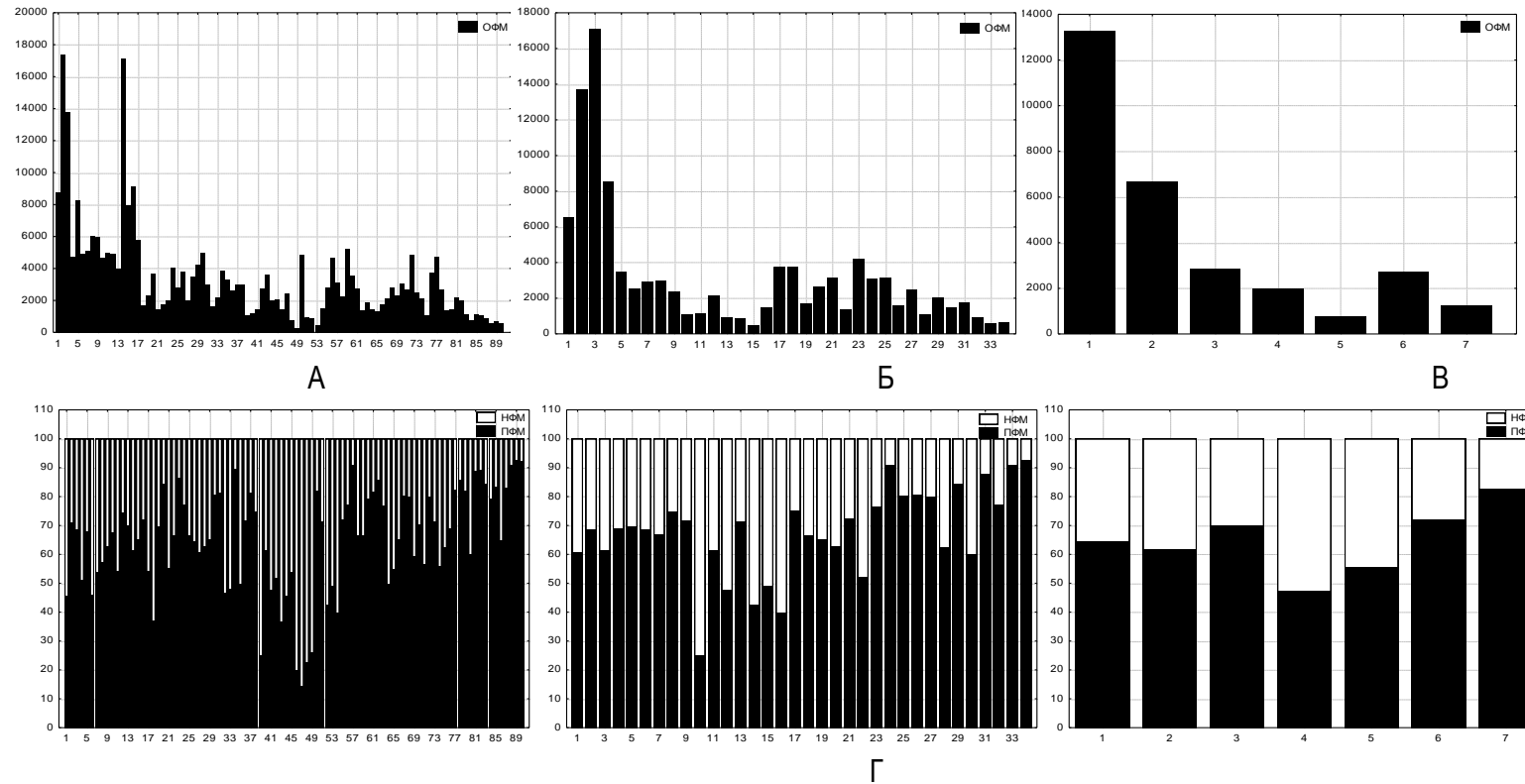


Рис. 1. Распределение запасов ОФМ: А – в сообществах ( $n=90$ ); Б – в формациях ( $n=34$ ); В – в группах формаций ( $n=7$ ) ГБС АСГО, г/м<sup>2</sup> абс. сух. массы; Г – соотношение НФМ и ПФМ, % ( $n=90, 34$  и  $7$  соответственно). Сообщества: 1–3 – подгольцовые кустарники; тундры: 4–17 – кустарничковые, 18–38 – кустарничковые, 39–50 – лишайниковые, 51–53 – травяные; луга: 54–77 – субальпийские, 78–90 – альпийские. Формации: доминанты: 1 – *Betula rotundifolia*, 2 – *Pentaphylloides fruticosa*, 3 – *Juniperus sibirica*, 4 – *Rhododendron aureum*, 5 – *Empetrum nigrum*, 6 – *Vaccinium myrtillus*, 7 – *Vaccinium uliginosum*, 8 – *Vaccinium vitis-idaea*, 9 – *Dryas oxodonta*, 10 – *Alectoria ochroleuca*, 11 – *Cetraria islandica*, 12 – виды рода *Cladonia*, 13 – *Festuca kryloviana*, 14 – *F. sphagnicola*, 15 – *Hierochloe alpina*, 16 – *Aconitum sajanense*, 17 – *A. septentrionale*, 18 – *Athyrium distentifolium*, 19 – *Saussurea latifolia*, 20 – *Stemmacantha carthamoides*, 21 – *Veratrum lobelianum*, 22 – *Hedysarum theinum*, 23 – *Geranium albiflorum*, 24 – *Anthoxanthum alpinum*, 25 – *Bistorta major*, 26 – *Deschampsia caespitosa*, 27 – *Euphorbia pilosa*, 28 – *Trollius asiaticus*, 29 – *Aquilegia glandulosa*, 30 – *Doronicum altaicum*, 31 – *Schultzia crinita*, 32 – *Sibbaldia procumbens*, 33 – *Viola altaica*, *Callianthemum sajanense*, *Gentiana grandiflora*, 34 – *Ranunculus altaicus*. Группы формаций: 1 – подгольцовые кустарники; тундры: 2 – кустарничковые, 3 – кустарничковые, 4 – лишайниковые, 5 – травяные; луга: 6 – альпийские, 7 – субальпийские

**Характеристика типов сообществ ГБС АСГО по величине общего запаса фитомассы, г/м<sup>2</sup> абс. сух. массы (средние значения)**

Уровень запаса	Общая фитомасса	Типы сообществ
Высокий	13272	Подгольцовые кустарники
Средний	6652	Кустарниковые тундры
Низкий	2862÷2707	Кустарничковые тундры, субальпийские луга
Очень низкий	1969÷742	Альпийские луга, лишайниковые и травяные тундры

В разных типах сообществ запасы ОФМ в среднем колеблются от 742 (травяные тундры) до 13 272 г/м<sup>2</sup> (подгольцовые кустарники). Высокие уровни запасов ОФМ соответствуют сообществам подгольцовых кустарников, что в 7–18 раза больше, чем в сообществах альпийских лугов, а также лишайниковых и травяных тундр. Средним уровнем запаса ОФМ характеризуются кустарниковые тундры, а низким, не превышающим 3000 г/м<sup>2</sup>, – кустарничковые и субальпийские луга. На основе данных ОФМ между разными типами сообществ при уровне значимости  $p < 0,05$  выявлены достоверные различия. В структуре ОФМ в рассматриваемых типах сообществ участие НФМ в среднем варьирует в пределах 18÷53 %, ПФМ – 47÷83 %. При этом соотношение НФМ и ПФМ колеблется от 1:1 (лишайниковые и травяные тундры) до 1:5 (альпийские луга). Интересно, что в подгольцовых кустарниках, кустарниковых и кустарничковых тундрах этот показатель равен 1:2, а в субальпийских лугах составляет 1:3 (см. рис. 2, Г). Следовательно, распределение фитомассы в наземной и подземной сфере в лишайниковых и травяных сообществах более равномерное, а в луговых сообществах подземная масса в 3–5 раза больше, чем наземная.

На основе детального анализа запасов фитомассы сообществ при уровне значимости  $p < 0,05$  выявлены тесные достоверные связи между ОФМ и ее компонентами (рис. 2, А, Б). Полученные результаты позволяют судить о наличии зависимости ОФМ от НФМ и ПФМ в особенности ( $r = 0,91–1,00$ ).

В результате сопоставления данных НФМ и ПФМ выявлено, что наибольшие их запасы в среднем соответствуют подгольцовым кустар-

никам, наименьшие – сообществам альпийских лугов и травяных тундр (см. рис. 1, Г). В результате анализа данных наземной и подземной фитомассы сообществ установлено, что между анализируемыми показателями при уровне значимости  $p < 0,05$  выявлены достоверные связи на разных уровнях организации сообществ ( $r = 0,79–0,98$ ). Аналогичная взаимообусловленность имеет место также между ПФМ и подземные органы растений (ПОР) на глубине 0–10 и 10–20 см ( $r = 0,77–0,99$ ), а также между ПОР 0–10 и ПОР 10–20 см (см рис. 2, В, Г).

Во всех исследованных сообществах следует обратить внимание на концентрацию ПОР в верхних горизонтах почвы (0–10 см), что, вероятно, зависит от многих факторов, в том числе и от каменистости субстрата, мощности почвенного профиля и близкого залегания горных пород. Интересен и тот факт, что поверхностным распределением подземной массы характеризуются и подгольцовые кустарники, кустарниковые тундры (*Betula rotundifolia*), а также многие луговые сообщества, расположенные в более защищенных местообитаниях (ложбины гор, пониженные элементы мезорельефа и др.). Здесь важно отметить, что в травяных тундрах, субальпийских лугах, а также кустарничковых, лишайниковых тундрах распределение корневой массы в слоях почвы 0–20 см достаточно гомогенное. Напротив, в альпийских лугах и особенно в лютиковых, сиббальдиевых лугах – гетерогенное. Выявлено, что запасы ПОР этих сообществ в слое 0–10 см практически не зависят от их проективного покрытия.

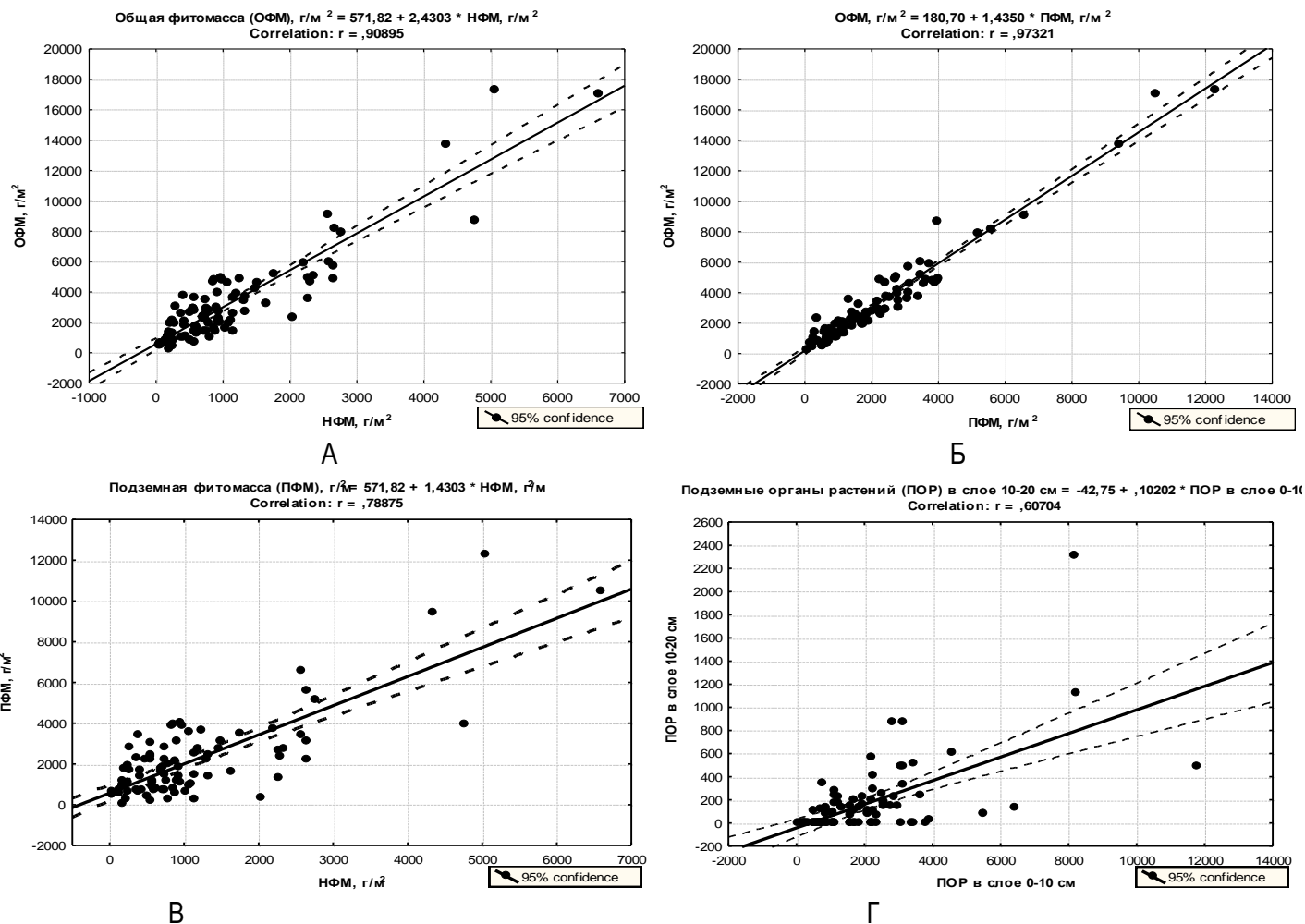


Рис. 2. Зависимость общей фитомассы (ОФМ) от надземной фитомассы (НФМ) (А); зависимость ОФМ от подземной фитомассы (ПФМ) (Б); зависимость ПФМ от НФМ (В); зависимость массы ПОР (Г) в слое 10–20 см от ПОР в слое 0–10 см в сообществах ГБС АСГО (при  $n=90$ ),  $г/м^2$  абс. сух. массы

**Выводы.** В основных сообществах высокогорий гумидного биоклиматического сектора Алтае-Саянской горной области общие запасы фитомассы варьируют в широких пределах:  $259 \div 17332$  г/м<sup>2</sup>, в том числе в формациях –  $453 \div 17095$  и в группах формаций –  $742 \div 13272$  г/м<sup>2</sup>. Наибольшие запасы общей фитомассы характерны подгольцовым кустарникам, наименьшие – травяным тундрам. Существенный вклад в формирование общей массы вносит подземная масса (47÷83 %), в том числе подземные органы растений на глубине 0–10 см почвы (90–98 %). Соотношение запасов НФМ:ПФМ в разных типах сообществ колеблется 1:1÷1:5, что показывает емкость подземного яруса по отношению к накоплению общей фитомассы.

Выявлена тесная зависимость запасов общей фитомассы от надземной и подземной массы, подземной составляющей от массы на глубине 0–10 и 10–20 см ( $r = 0,77-0,99$ ), а также подземных органов растений в слое 10–20 см от массы верхнего 0–10 см слоя почвы.

### Литература

1. *Rübel E.* The replaceability of ecological factors and the law of the minimum // *Ecology*. – 1935. – Vol. 16. – № 3. – P. 336–343.
2. *Черепнин В.Л.* Зависимость продуктивности растительности от климатических факторов // *Ботан. журн.* – 1968. – № 7. – Т. 53. – С. 881–889.
3. *Онипченко В.Г.* Структура фитомассы и продуктивность альпийских лишайниковых пустошей // *Бюл. моск. общества испыт. природы. отд. биол.* – 1985. – Т. 90. – Вып. 1. – С. 59–65.
4. *Седельников В.П.* Продуктивность высокогорных сообществ Алтае-Саянской горной области // *География и природ. ресурсы*. – 1985. – № 1. – С. 87–91.
5. *Янь У., Онипченко В.Г.* Структура растительных сообществ в связи со свойствами почвы в высокогорьях востока Цинхай-Тибетского нагорья // *Альпийские экосистемы: структура и механизмы функционирования: тр. Тебердинского гос. биосферного заповедника*. – М., 2005. – Вып. 30. – С. 57–89.
6. *Куминова А.В.* Высокогорная растительность хребта Иолго (Северный Алтай) // *Естественная кормовая база Горно-Алтайской автономной области: тр. биол. ин-та*. – Новосибирск, 1956. – Вып. 2. – С. 237–257.
7. *Зверева Г.А.* Фитоценотическая характеристика некоторых ассоциаций таежного пояса Восточного Саяна // *Растительный покров Красноярского края*. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1965. – Вып. 2. – С. 234–255.
8. *Красноборов И.М.* Высокогорная растительность западной части Восточного Саяна // *Растительность правобережья Енисея*. – Новосибирск: Наука, 1971. – С. 136–172.
9. *Седельникова Н.В.* Фитомасса лишайниковых синузий гольцового пояса Кузнецкого Алатау // *Раст. ресурсы*. – 1974. – Т. 10. – С. 120–122.
10. *Седельников В.П.* Флора и растительность высокогорий Кузнецкого Алатау. – Новосибирск: Наука, 1979. – 167 с.
11. *Седельников В.П.* Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. – Новосибирск, 1988. – 223 с.
12. *Зибзеев Е.Г., Самбыла Ч.Н.* Структура фитомассы растительных сообществ гумидных высокогорий Восточного Саяна (на примере хр. Крыжина) // *Сибирский экол. журн.* – 2011. – № 3. – С. 395–403.
13. *Базилевич Н.И., Титлянова А.А.* Определение величин нарастания, отмирания и разложения растительной органической массы комплексным методом оценки интенсивностей потоков в тундровых, лесных, пустынных биогеоценозах и в агроценозах // *Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах*. – М.: Мысль, 1978. – С. 157–170.
14. *Куминова А.В.* Растительный покров Алтая. – Новосибирск, 1960. – 450 с.
15. *Логинов Н.Я.* Аналитическая химия: учеб. пособие. – М.: Просвещение, 1979. – 480 с.
16. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
17. *Сорокин О.Д.* Прикладная статистика на компьютере. – Краснообск: Изд-во СО РАСХН, 2004. – 162 с.

Literatura

1. *Rübel E.* The replaceability of ecological factors and the law of the minimum // *Ecology*. – 1935. – Vol. 16. – № 3. – P. 336–343.
2. *Cherepnin V.L.* Zavisimost' produktivnosti rastitel'nosti ot klimaticheskih faktorov // *Botan. zhurn.* – 1968. – № 7. – T. 53. – S. 881–889.
3. *Onipchenko V.G.* Struktura fitomassy i produktivnost' al'pijskih lishajnikovyh pustoshej // *Bjul. mosk. obshhestva ispyt. prirody. otd. biol.* – 1985. – T. 90. – Vyp. 1. – S. 59–65.
4. *Sedel'nikov V.P.* Produktivnost' vysokogornyh soobshhestv Altae-Sajanskoj gornoj oblasti // *Geografija i prirod. resursy.* – 1985. – № 1. – S. 87–91.
5. *Jan' U., Onipchenko V.G.* Struktura rastitel'nyh soobshhestv v svyazi so svojstvami pochvy v vysokogor'jah vostoka Cinhaj-Tibetskogo nagor'ja // *Al'pijskie jekosistemy: struktura i mehanizmy funkcionirovanija: tr. Teberdinskogo gos. biosfernogo zapovednika.* – M., 2005. – Vyp. 30. – S. 57–89.
6. *Kuminova A.V.* Vysokogornaja rastitel'nost' hrebta lolgo (Severnyj Altaj) // *Estestvennaja kormovaja baza Gorno-Altajskoj avtonomnoj oblasti: tr. biol. in-ta.* – Novosibirsk, 1956. – Vyp. 2. – S. 237–257.
7. *Zvereva G.A.* Fitocenoticheskaja harakteristika nekotoryh asociacij taezhnogo pojasa Vostochnogo Sajana // *Rastitel'nyj pokrov Krasnojarskogo kraja.* – Novosibirsk: Izd-vo SO AN SSSR, 1965. – Vyp. 2. – S. 234–255.
8. *Krasnoborov I.M.* Vysokogornaja rastitel'nost' zapadnoj chasti Vostochnogo Sajana // *Rastitel'nost' pravoberezh'ja Eniseja.* – Novosibirsk: Nauka, 1971. – S. 136–172.
9. *Sedel'nikova N.V.* Fitomassa lishajnikovyh sinuzij gol'covogo pojasa Kuzneckogo Alatau // *Rast. resursy.* – 1974. – T. 10. – S. 120–122.
10. *Sedel'nikov V.P.* Flora i rastitel'nost' vysokogorij Kuzneckogo Alatau. – Novosibirsk: Nauka, 1979. – 167 s.
11. *Sedel'nikov V.P.* Vysokogornaja rastitel'nost' Altae-Sajanskoj gornoj oblasti. – Novosibirsk, 1988. – 223 s.
12. *Zibzeev E.G., Sambyla Ch.N.* Struktura fitomassy rastitel'nyh soobshhestv gumidnyh vysokogorij Vostochnogo Sajana (na primere hr. Kryzhina) // *Sibirskij jekol. zhurn.* – 2011. – № 3. – S. 395–403.
13. *Bazilevich N.I., Titljanova A.A.* Opredelenie velichin narastanija, otmiraniya i razlozhenija rastitel'noj organicheskoj massy kompleksnym metodom ocenki intensivnostej potokov v tundrovyh, lesnyh, pustynnyh biogeocenozah i v agrocenozah // *Metody izuchenija biologicheskogo krugovorota v razlichnyh prirodnyh zonah.* – M.: Mysl', 1978. – S. 157–170.
14. *Kuminova A.V.* Rastitel'nyj pokrov Altaja. – Novosibirsk, 1960. – 450 s.
15. *Loginov N.Ja.* Analiticheskaja himija: ucheb. posobie. – M.: Prosveshhenie, 1979. – 480 s.
16. *Lakin G.F.* Biometrija. – M.: Vyssh. shk., 1990. – 352 s.
17. *Sorokin O.D.* Prikladnaja statistika na komp'yutere. – Krasnoobsk: Izd-vo SO RASHN, 2004. – 162 s.

