

Научная статья

УДК 911.2:504.06

doi: 10.17072/2079-7877-2024-2-24-35

**СТАЦИОНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО
ВЕЩЕСТВА СТЕПНЫХ ФАЦИЙ ПОЛИГОН-ТРАНСЕКТОВ
ЮГО-ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ**

Дубынина Светлана Сергеевна

Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения РАН, г. Иркутск, Россия
sdubynina@yandex, Author ID: 63573, SPIN-код: 4807-6529

Аннотация. В статье особое внимание уделено продуктивности растительного вещества степей Онон-Аргунского округа Юго-Восточного Забайкалья. Степи Забайкалья представляют собой основное хранилище растительного покрова, располагаются в центре Азиатского материка и ограничиваются координатами: 50° северной широты, 116° восточной долготы. Модельными участками служат два полигон-трансекта – Харанорский и Цаган-Чолотуйский. Выбор их обусловлен особенностями ландшафтной структуры, которая образует ландшафтно-экологические ряды, где фации сопряжены друг с другом. В основе длительного стационарного исследования учитывались особенности динамики запасов растительного вещества надземной и подземной массы. Установлено, что главные запасы растительного вещества геосистем сосредоточены в подземной массе. Большая часть количества корневой массы сосредоточена в полуметровом слое почвы – от 88 до 95 % всего ее запаса. Выявлены специфические условия фаций заповедного режима, фаций, затронутых хозяйственным использованием, а также находящихся в условно-природной среде. Каждая фация характеризуется своей динамикой запасов фитомассы, обусловленных биоклиматической обстановкой текущего года, а резкие колебания количества осадков в начале или в конце лета существенно влияют на величину создаваемой фитомассы. Выявлено, что запасы надземной массы в фациях первого полигон-трансекта при любом режиме исследования выстраиваются в следующий ряд: III>IV>V>II>VI>I, а на втором полигоне с хозяйственным режимом – XVII>XVI>XII>XXI>XIX>XIV>XI. Созданы пространственно-временные модели сезонной динамики, по которым можно судить об изменении надземной и подземной массы в сопряженном ряду исследуемых фаций за вегетационный период. Сделаны выводы, что для каждой фации максимальное накопление фитомассы за вегетационный период достигается в конкретный, только для нее характерный срок, который согласуется с изменением гидротермических условий.

Ключевые слова: геосистемы, фации, растительный и почвенный покров, микроклимат, надземная и подземная масса Юго-Восточного Забайкалья

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190055-7 (FWEM-2021-0002).

Для цитирования: Дубынина С.С. Стационарные исследования продуктивности растительного вещества степных фаций полигон-трансектов Юго-Восточного Забайкалья // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 2(69). С. 24–35. doi: 10.17072/2079-7877-2024-2-24-35

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2024-2-24-35

**STATIONARY STUDIES OF THE PRODUCTIVITY OF PLANT MATTER OF STEPPE
FACIES OF TRANSECT TESTING AREAS IN SOUTHEAST TRANSBAIKALIA**

Svetlana S. Dubynina

V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia
sdubynina@yandex.ru, Author ID: 63573, SPIN-code: 4807-6529

Abstract. The article focuses on the productivity of plant matter of the steppes in the Onon-Argun District of Southeast Transbaikalia. The steppes of Transbaikalia represent the main repository of vegetation cover. They are located in the center of the Asian continent and are limited by coordinates 50°N, 116°E. Two transect testing areas – Kharanorsky and Tsagan-Cholotuytsky – were chosen for the study as model sites. This choice was due to the features of the landscape structure forming landscape-ecological series where facies are interfaced with each other. On the basis of a long-term stationary study, the dynamics of aboveground and underground plant matter reserves were taken into account. The main reserves of plant matter of the geosystems were found to be concentrated in the underground mass. Most of the root mass (from 88 to 95% of its total stock) is concentrated in a half-meter layer of soil. The study revealed specific conditions of the facies of the conservation regime, facies affected by economic use, and also those in conditionally natural environment. Each facies is characterized by its own dynamics of phytomass reserves due to the bioclimatic situation of the current year; sharp fluctuations in precipitation at the beginning or end of summer significantly affect the amount of phytomass created. According to the research results, aboveground mass reserves in the facies of the first transect testing area under any research regime are arranged in the row III>IV>V>II>VI>I, while on the second testing area with the economic regime they are arranged in



Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

the row XVII>XVI>XII>XXI>XIX>XIV>XI. Spatio-temporal models of seasonal dynamics have been created, which can be used to assess changes in the aboveground and underground mass in the conjugate series of the studied facies during the growing season. It has been established that for each facies, the maximum accumulation of phytomass during the growing season is achieved within a specific period that is only characteristic of this particular facies and consistent with changes in hydrothermal conditions.

Keywords: geosystems, facies, vegetation and soil cover, microclimate, aboveground and underground mass of Southeast Transbaikalia

Funding. The study was funded as part of a state assignment (topic state registration No. AAAA-A21-121012190055-7 (FWEM-2021-0002).

For citation: Dubynina S.S. (2024). Stationary studies of the productivity of plant matter of steppe facies of transect testing areas in Southeast Transbaikalia. *Geographical Bulletin*. No. Pp. 24–35. doi: 10.17072/2079-7877-2024-2-24-35

Введение

На основе длительных многолетних стационарных исследований особое внимание уделено продуктивности растительного вещества степей Юго-Восточного Забайкалья. Степи Забайкалья представляют собой основное хранилище растительного покрова, а объектом детальных исследований являются 2 полигон-трансекта Харанорской степи Онон-Аргунского округа. Площадь Онон-Аргунского ландшафтного округа составляет 34 тыс. км² и определяется низкогорным рельефом, который тесно соседствует с обширными полупустынными и пустынными территориями Монголии и Китая. Благодаря значительной протяженности в пределах изучаемого района совмещаются черты горных и равнинных ландшафтов, четко прослеживается широтная зональность и в какой-то мере высотная поясность [1]. По почвенно-географическому районированию северная часть степи входит в Забайкальскую провинцию степной зоны обыкновенных и южных черноземов, а южная – в Забайкальскую провинцию сухостепной зоны темно-каштановых и каштановых почв [2].

Цель исследования состоит в изучение продуктивности растительного вещества и в выявлении структурно-динамических особенностей фитомассы при функционировании элементарных ландшафтных ячеек (фаций) на двух полигон-трансектах Харанорской степи.

Материал и методы исследования

Климат характеризуется резкой континентальностью, сочетающейся с недостаточным увлажнением, распространением многолетней мерзлоты, обилием солнечного света и отрицательными среднегодовыми температурами. При этом для характеристики изменчивости увлажнения брались годовые суммы осадков, а для характеристики колебаний температурного режима – среднегодовая температура воздуха. Каждый исследуемый год своеобразен по метеорологическим условиям и является причиной изменчивости растительного вещества для степей Забайкалья. Анализ климата приводится по данным метеостанции Борзя (рис. 1), описание которых встречается и в ряде других работ [3, 5].

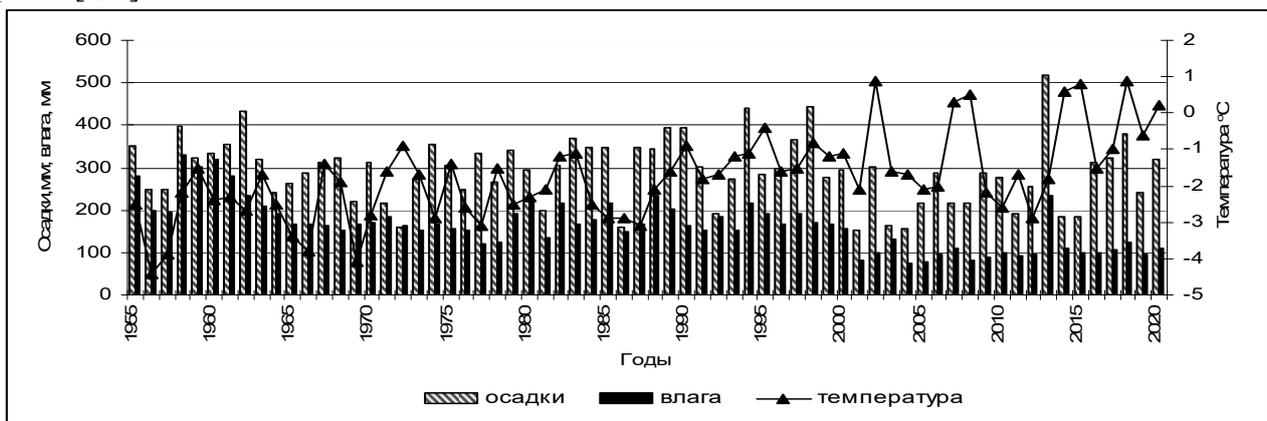


Рис. 1. Гидротермическая характеристика Забайкальского района Онон-Аргунской степи
Fig. 1. Hydrothermal characteristics of the Trans-Baikal Area of the Onon-Argun steppe

Годы наших исследований (1965–2020) охватили несколько основных периодов с высокой температурой воздуха и большим годовым количеством осадков. В чередовании этих периодов наблюдается определенная ритмичность. Годы оптимальных условий с наиболее высокой температурой (2002, 2015, 2018) и самым большим годовым количеством осадков (2013). Переходные годы

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

между экстремальными годами – теплые и влажные (1978, 1979), а также экстремальные холодные и влажные (1974, 1975), холодные и сухой (1971, 1972). В степях Забайкалья температура не является лимитирующим фактором продуктивности фитомассы. Запасы надземной массы больше согласуются с осадками, а изменения запасов подземной массы – с запасами тепла и влаги в корнеобитаемом слое.

Для оценки биологической продуктивности используются данные общего количества (запаса) растительного вещества и его составных частей (надземная и подземная). Определение этих показателей геосистем проводилось общепринятыми методами [12, 13, 17]. Надземная масса растений учитывалась на площадках в 0,25 м² методом укусов в 3–5-кратной повторности с разбором на зеленую и отмершую массу (степной войлок) в течение вегетационного периода с мая по октябрь. Подземная масса бралась методом монолитов в слое почвы 0–20, 0–50 см (основной корнеобитаемый слой), в отдельные годы – с глубины 0–100 см из почвенных разрезов, корни отмывались на ситах 0,25 мм. Строго соблюдались рекомендации по репрезентативности исследований, для чего установлено необходимое количество повторных наблюдений, а также сроки в течение вегетационного периода, отобраны образцы – 765 надземной массы и 510 подземной массы. Собранный материал высушивался до абсолютно сухого состояния, затем образцы взвешивались на электрических весах (ВЛТК-500) и производились расчеты растительного вещества.

Характеристика объекта исследований

Объектами изучения явились фации. Детально исследовались шесть фаций (с I по VI) первого и одиннадцать фаций (с XI по XXI) второго полигон-трансектов.

Работы велись на первом полигон-трансекте в 6-ти км от Харанора. Профиль первого полигон-трансекта начинается на вершине останца, проходит по склону северной экспозиции, днищу пади, склону южной экспозиции и заканчивается на древней поверхности выравнивания. Ширина полигон-трансекта 100 м, длина 800 м, перепады высот 800–870 м над уровнем моря (рис. 2).

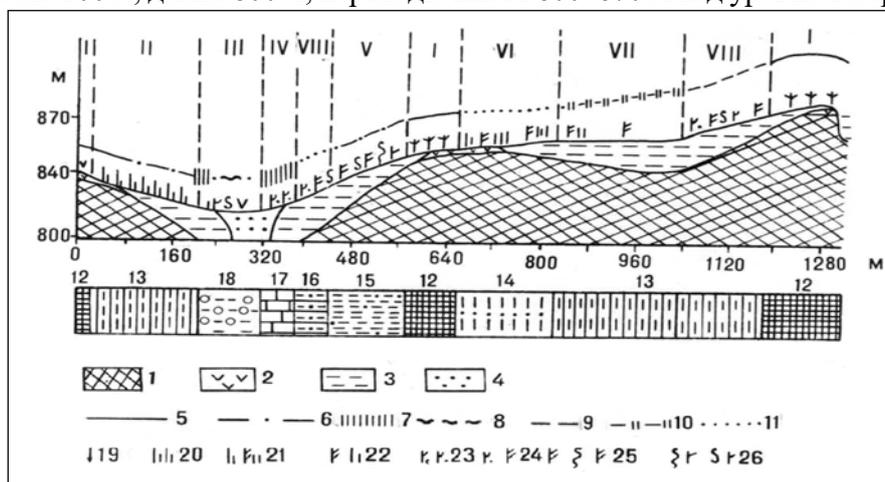


Рис. 2. Топологические подразделения Харанорского полигон-трансекта
Fig. 2. Topological subdivisions of the Kharanorsky transect testing area

Характеристика первого объекта исследований:

Фации: I – литоморфная хамеродосово-типчачковая; II – красоднево-пижмовая денудационно-аккумулятивной поверхности северного склона; III – злаково-разнотравная луговая полугидроморфная днища пади; IV – вострещово-тырсовая нижней части южного склона; V – разнотравно-тырсовая южного склона; VI – тырсово-пижмовая древней поверхности выравнивания.

Коренные породы и покровные породы: 1 – верхнеюрские конгломераты с дайками эффузивных темноцветных пород; 2 – мелкоземистощебнистый элювий юрских конгломератов и эффузивных пород; 3 – средние и тяжелые облессованные суглинки, сменяющиеся вверх и вниз по склону защепенными легкими суглинками и супесями делювиального генезиса; 4 – суглинистые,

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

супесчаные и щебнисто-галечниковые отложения аллювиального аллювиально-делювиального генезиса.

Элементы рельефа: 5 – денудационные останцы; 6 – верхняя денудационная часть долинного педимента; 7 – денудационно-аккумулятивная часть долинного педимента; 8 – днище с прилегающими аккумулятивными склонами; 9 – верхняя денудационная часть нагорного педимента; 10 – нижняя денудационная аккумулятивная часть нагорного педимента; 11 – древняя поверхность выравнивания.

Почвы – черноземы: 12 – глубокопромерзающий бескарбонатный малогумусный щебенистый; 13 – бескарбонатный мучнисто-карбонатный малогумусный с пониженным вскипанием легкосуглинистый; 14 – глубокопромерзающий мучнисто-карбонатный глубоковскипающий маломощный малогумусный легкосуглинистый; 15 – глубокопромерзающий мучнисто-карбонатный с пониженным вскипанием солонцеватый легкосуглинистый; 16 – глубокопромерзающий мучнисто-карбонатный солонцеватый малогумусный легкосуглинистый; 17 – глубокопромерзающий мучнисто-карбонатный солонцевато-осолоделый маломощный малогумусный легкосуглинистый; 18 – мощная лугово-черноземная мерзлотная бескарбонатная легкосуглинистая почва.

Растительность: 19 – хамеродосово-типчаковая; 20 – пижмовая с типчаком; 21 – пижмовая с тырсой; 22 – тырсовая с пижмой; 23 – вострецовая; 24 – тырсовая с вострецом; 25 – тырсовая с разнотравьем; 26 – злаковая с мезофитным разнотравьем.

На втором полигон-трансекте исследовались одиннадцать фаций (с XI по XXI). Профиль начинается на вершине горы Цаган-Чолотуй, проходит по склону северо-западной экспозиции, пересекает пойму и террасы р. Шарасун, проходит по склону юго-восточной экспозиции, древнему останцу и по склону северо-западной экспозиции спускается к оз. Большой Чиндант. Абсолютная высота фации на вершине горы Цаган-Чолотуй составляет 801,6 м, ширина полигон-трансекта около 100 м, протяженность 5400 м. (рис. 3).

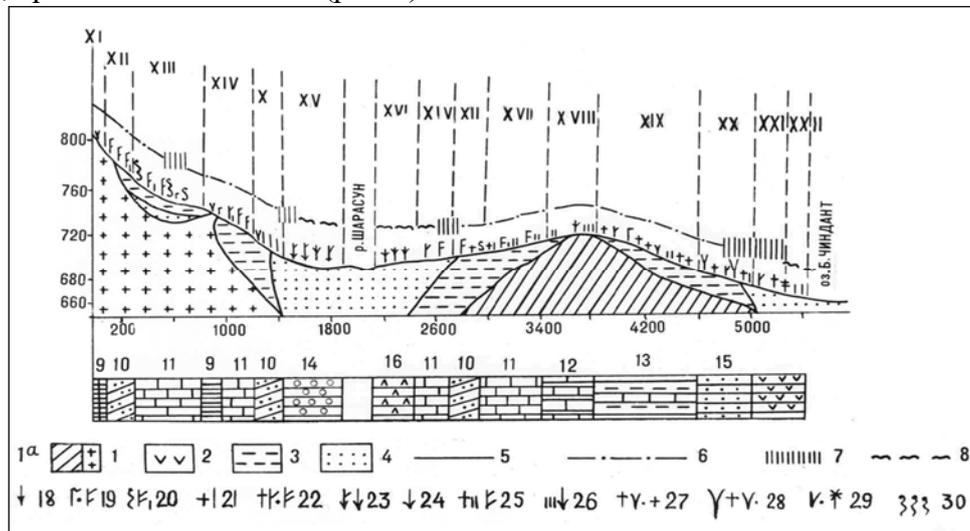


Рис. 3. Топологические подразделения Цаган-Чолотуйского полигон-трансекта
Fig. 3. Topological subdivisions of the Tsagan-Cholotuy sky transect testing area

Характеристика второго объекта исследований:

Фации: вершинная хамеродосово-типчаковая фация (XI); склоновые: разнотравно-тырсовая (XII), разнотравно-тырсовая (XIII), тырсово-вострецовая (XIV), полугидроморфные пикульниковые фации (XV–XVI), тырсово-типчаковая фация (XVII), хамеродосово-типчаковая (XVIII), келериево-вострецово-чиевая (XIX), вострецово-чиевая (XX) и вострецово-пикульниково-полынная с солянкой холмовой фация (XXI).

Коренные породы: 1 – граниты палеогена, 1^a – пермские конгломераты; 2 – мелкоземистый щебнистый элювий; 3 – средние и тяжелые суглинки, сменяющиеся вверх и вниз по разрезу легкими

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

суглинками и супесями делювиального и пролювиально-делювиального генезиса; 4 – аллювиально-пролювиальные щебнисто-галечниковые отложения и озерные осадки.

Элементы рельефа: 5 – денудационные останцы; 6 – верхние денудационные части долинного педимента; 7 – денудационно-аккумулятивные части долинного педимента; 8 – днище речной долины с аккумулятивными склонами и древняя аккумулятивная терраса.

Почвы: 9 – поверхностно-зашебненный среднесуглинистый слабоприморозный чернозем; 10 – каштановая мучнистокарбонатная глубоковскипающая легкосуглинистая; 11 – каштановая мучнистокарбонатная суглинистая; 12 – каштановая мучнистокарбонатная слабоприморозная поверхностно-зашебненная среднесуглинистая; 13 – каштановая мучнистокарбонатная глубоковскипающая; 14 – луговая аллювиальная карбонатная среднесуглинистая; 15 – каштановая темновато-луговая мучнистокарбонатная среднесуглинистая; 16 – луговая аллювиальная карбонатная глубоко-солончаковатая легкосуглинистая; 17 – солончак луговой сульфатно-хлоридный натриевый среднесуглинистый.

Растительность: 18 – хамеродосово-типчаковая; 19 – вострецово-тырсово-типчаковая; 20 – разнотравно-тырсово-типчаковая; 21 – келериево-хамеродосовая; 22 – тырсово-вострецовая с келерией; 23 – вострецово-осоково-пикульниковая; 24 – пикульниковая с вострецом; 25 – тырсовая с келерией, змеевкой, типчаком; 26 – хамеродосовая с келерией, типчаком; 27 – вострецовая с келерией, типчаком; 28 – вострецовая с чиём, келерией; 29 – вострецовая с осокой, пикульником, бескильницей; 30 – пятна солянок.

Результаты и их обсуждение

Исследуемые фации на двух полигон-трансектах относятся к пяти основным группам фаций Онон-Аргунского ландшафта. Если на первом – Харанорском – полигон-трансекте более 50 % всей площади занимают пижмовые фации, то на втором – Цаган-Чолотуйском – они совершенно отсутствуют, а преимущественно преобладают вострецово-тырсовые, луговые и засоленные фации, что связано с различными абсолютными высотами территории (рис. 2 и 3). Вострецовые степи, характерные для Забайкалья, встречаются по нижним частям склонов на мощных солонцеватых почвах. По р. Шарасун распространены пикульниковые и вострецовые луга, которые свойственны более для второго полигон-трансекта, но вблизи многочисленных озер встречаются заросли галофитной растительности. Степень участия занимаемых площадей главнейшими фациями показана на полигон-трансектах, описание которых встречается и в ряде других работ [9, 18]. Краткая характеристика занимаемых площадей растительными фациями дана в (табл. 1).

Таблица 1

Площади, занимаемые доминирующими фациями на участках Онон-Аргунского ландшафта
Areas occupied by the dominant facies on the sites of the Onon-Argun landscape

Фации	Харанорской полигон-трансект		Цаган-Чолотуйский полигон-трансект	
	га	% от общей площади	га	% от общей площади
Пижмовые	6,6	54,3	-	-
Тырсовые	3,2	24,3	90,1	42,5
Типчаковые	1,2	9,3	6,2	3,2
Луговые, засоленные	0,8	6,3	62,2	29,3
Вострецовые	0,4	3,7	53,1	25,0

Исследуемые ключевые участки позволяют изучить основные топологические связи сопряженных рядов фаций с рельефом местности при разных режимах использования, а величина продуцируемой фитомассы зависит от изменения показателей тепло- и влагообеспеченности, а также от экологических условий конкретной фации. Рассмотрим подробнее пространственно-временные изменения запасов растительного вещества в фациях полигон-трансектов Харанорской степи: надземной массы, корневой массы и общей фитомассы (табл. 2).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

Таблица 2

Запасы фитомассы в фациях полигон-трансектов, г/м² (корни в слое почвы 0–50 см)
Phytomass reserves in facies of transect testing areas, g/m² (roots in the soil layer 0-50 cm)

Показатели	Фации Харанорского полигон-трансекта						Фации Цаган-Чолотуйского полигон-трансекта						
	I	II	III	IV	V	VI	XI	XII	XIV	XVI	XVII	XIX	XXI
Надземная масса	с заповедным режимом (1968–1980 гг.)						с хозяйственным режимом (1972–1974 гг.)						
	89	196	381	300	275	191	68	156	118	167	179	122	143
Корневая масса 0–50 см	2434	3205	4138	3704	3209	2999	2351	2561	2929	2892	2971	3157	1614
Общая фитомасса	2523	3401	4519	4004	3484	3190	2419	2717	3047	3059	3150	3279	1757
Показатели	Фации Харанорского полигон-трансекта с условно-природным режимом (2001–2016 гг.)												
	I		II		III		IV		V		VI		
Надземная масса	88		193		351		249		241		137		
Корневая масса 0–50 см	2649		3431		3708		3845		3320		2157		
Общая фитомасса	2737		3624		4059		4094		3561		3294		

Стационарные наблюдения на ключевых участках при учете запасов надземной и корневой массы дают возможность раскрыть закономерности природных режимов, характеризующих динамику геосистем в пространстве и времени. За счет последовательной смены внутригодовых состояний фаций раскрываются регуляторные механизмы процессов продуцирования надземной массы, что хорошо прослеживается на первом полигон-трансекте (табл. 2). Профиль полигон-трансекта включает вершинные (ф. I, VI), на этих фациях за вегетационный период тепла достаточно, но в связи с сильной защебненностью почвы, где водоудерживающая способность очень низкая, постоянно ощущается недостаток почвенной влаги [7, 8]. В итоге на этих фациях средние запасы надземной массы (ф. I) составляют 89 г/м² (1968–1980 гг.) при заповедном режиме и 88 г/м² (2001–2016 гг.) при условно-природном режиме, а на (ф. VI) при тех же режимах – от 137 до 191 г/м². Наибольшие запасы надземной массы при оптимальном сочетании тепла и влаги продуцируются в разнотравном днище пади (ф. III) – 381 г/м². Также высокими запасами отмечаются и склоны южной экспозиции (ф. IV, V). Развитие растений в этих фациях начинается несколько позже по сравнению с остальными фациями, так как мощный слой подстилки надежно предохраняет почву от чрезмерного иссушения и аккумулирует поступающую извне влагу, необходимую для начала вегетации растений. Этим склоновым фациям свойственно задержание почвы дерновинными злаками – ковылем байкальским и вострецом ложнопырейным. Запасы надземной массы при заповедных условиях за период (1968–1980 гг.) по средним данным в (ф. V) составили 275, а на (ф. IV) – 300 г/м². В склоновой пижмовой фации (ф. II) северной экспозиции количество поступающего тепла меньше, но благодаря физическим свойствам почвы и разреженности травостоя в корнеобитаемом слое накапливается большой запас тепла. В целом, по условиям тепло- и влагообеспеченности более благоприятна пижмовая фация, но в связи с защебненностью почвы величина надземной массы значительно ниже по сравнению со склоновыми фациями южного склона. Средние запасы надземной массы в условно-природных условиях и при заповедных условиях составили в пижмовой (ф. II) – 193–196 г/м². Распределение запасов надземной массы в фациях Харанорского полигон-трансекта при любом режиме исследования выстраивается в следующий ряд: III>IV>V>II>VI>I.

Хозяйственная деятельность вносит существенную корректировку в распределение запасов фитомассы в фациях второго полигон-трансекта (табл. 2), поэтому выявленные в условиях заповедности топологические закономерности не всегда прослеживаются в фациях Цаган-Чолотуйского полигон-трансекта. Особенно большую роль играет выпас скота, приводящий к резкому снижению запасов надземной массы. В фациях с хорошими кормовыми качествами травостоя, склоновая разнотравно-тырсовая фация (ф. XII), запасы которой в 1,8 раза меньше разнотравно-тырсовой южного склона заповедного режима. Наибольшее количество фитомассы формируется на полугидроморфной пикульниковой фации (ф. XVI) и вострецово-пикульниково-попынной с солянкой холмовой

(ф. XXI), где растительная масса практически не стравливается из-за видов: пикульника (ирис мечевидный) и солянки холмовой. Распределение запасов фитомассы с хозяйственным режимом на втором полигон-трансекте (по мере их роста) можно выразить следующим образом: XVII > XVI > XII > XXI > XIX > XIV > XI.

Величина запасов фитомассы и ее распределение в пространстве и времени зависит от целого ряда факторов: от экологических условий каждой конкретной фации, от гидротермических условий и их соотношения в течение вегетационного периода, от степени хозяйственного использования фаций. Построенные графические пространственно-временные модели наземной фитомассы обнаруживают существенную динамику изучаемых показателей. В многолетнем плане наблюдается период интенсивной вегетация запасов фитомассы, которая начинается во второй половине мая, но она идет неодинаково, а выраженное увеличение запасов фитомассы достигает своих максимальных значений в августе-сентябре, после чего наступает яркий спад (рис. 4).

Топохроноизоплетами представлены кривые изменения запасов фитомассы в течение вегетационного периода. На всех фациях они обычно идентичны, различия проявляются лишь в их абсолютных значениях и сроках формирования максимальных запасов фитомассы. Самые высокие запасы надземной массы для большинства фаций отмечались в теплые и влажные 1974, 1978, 2008, 2013, 2015 гг. – с середины августа по сентябрь от 500 до 670 г/м² в низинно-луговых фациях (ф. III) первого участка и в 1979 г. (ф. XIII) второго участка – с середины мая по июнь до 400–600 г/м². Наиболее существенные влияние в динамике вегетации наблюдались в 1973 г. – 200–400 г/м², следующим за сухим и холодным 1972 г. Так, средние запасы за период всех исследуемых лет в середине июня составляют от максимального укоса 50–86 % во всех фациях, исключая литоморфные типчаковые фации с ранним ритмом накопления фитомассы, что хорошо прослеживается в вершинных фациях (ф. I, XI) в течение вегетационного периода на всех пространственно-временных моделях. Специфические условия фаций заповедного режима или затронутые хозяйственным использованием, или находящиеся в природных условиях показывают, что каждая фация характеризуется своей динамикой фитомассы. В каждой фации максимальное накопление фитомассы за вегетационный период достигается в конкретный, только для нее характерный срок.

Основную часть общей растительной массы в степных фациях Забайкалья составляют корни. Годичные изменения величины корневой массы фаций больше всего зависят от содержания влаги корнеобитаемого слоя. Если рассматривать изменения влаги в почве по годам, можно отметить прямую зависимость между выпадением осадков и содержанием влаги в почве (рис. 4А). По характеру сосредоточения корней в фациях Харанорской степи, где большая часть корневой массы находится в верхнем полуметровом слое почвы (от 88 до 95 %) всего ее запаса, для степей Забайкалья отмечены высокие запасы корневой массы, в сравнении со степями Европейской части (М.С. Шалыт, 1950 г.), Западной Сибири [15] и степных пастбищ Хакасии [11], а также по запасам они приближаются к степям Северного Казахстана [16] и к степям Монголии [10, 19], что связано с аридностью и континентальностью климата.

В условиях резко континентального климата Забайкалья степные растительные сообщества хорошо приспособляются к суровой экологической обстановке и обладают способностью максимально использовать короткий период вегетации. Растительные сообщества (фации) имеют различный ритм изменчивости величины создаваемой корневой массы и одновременно имеют высокую изменчивость ее запасов по годам, а главное, что все жизненные процессы во всех фациях (рис. 5 (1, 2)) осуществляются за счет влаги атмосферных осадков.

Самыми бедными влагой являются вершинные фации (ф. I, VI). В этих фациях отмечается отток влаги вниз по склону, они отличаются слабой водоудерживающей способностью, поэтому все почвенные процессы осуществляются в основном за счет атмосферных осадков. Установлено, что вершинные фации имеют наименьшие запасы корней из-за сильной защебенности почвы и из-за того, что грунтовые воды здесь залегают на значительной глубине. Например, в фациях (ф. I, V) Харанорского полигон-трансекта запасы корней колеблются в пределах 2434–2999 г/м² (табл. 2).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

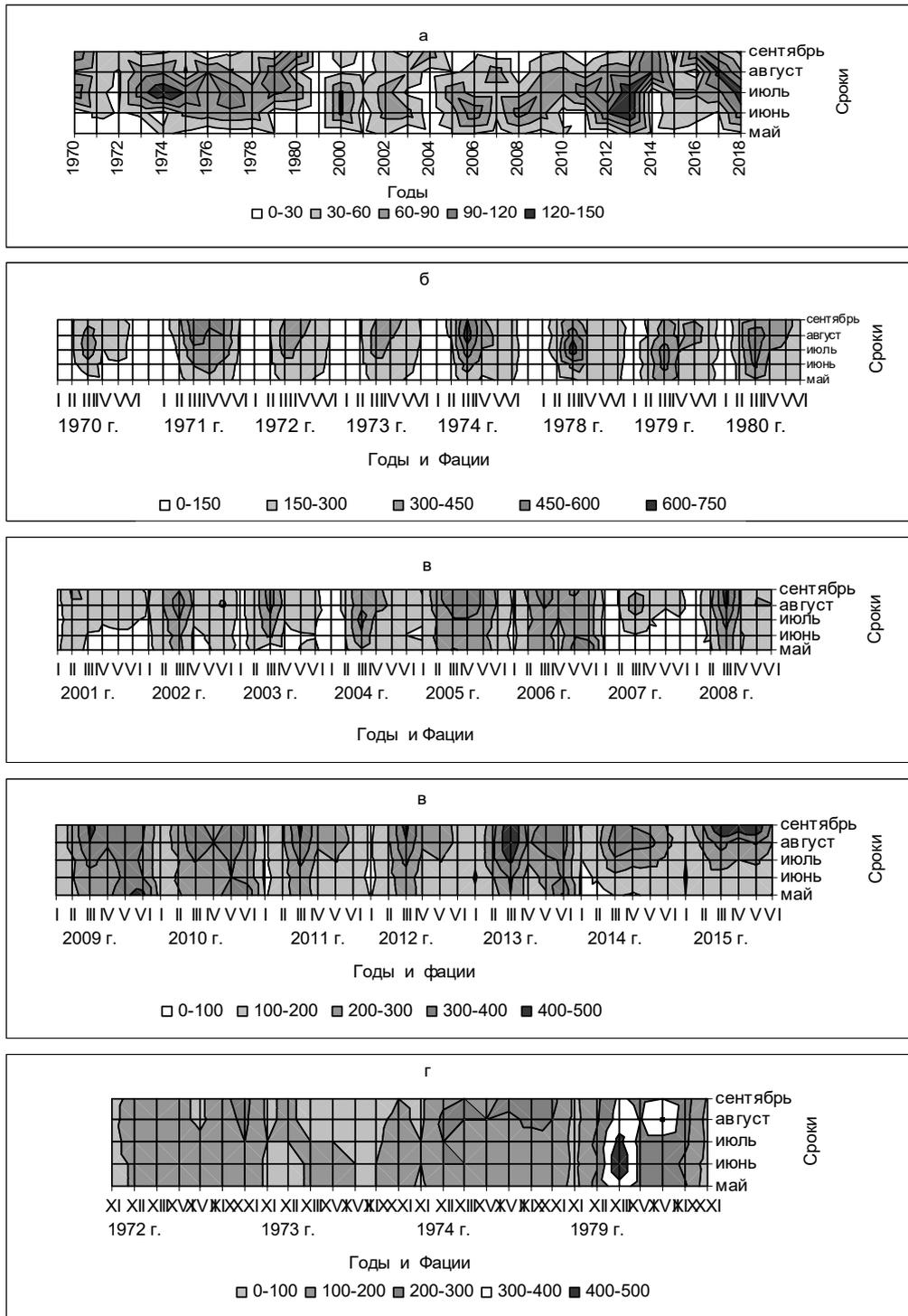


Рис. 4. Пространственно-временные модели надземной массы и осадков в течение вегетационного периода в разные годы на полигон-трансектах: а – осадки, мм; б – заповедный режим; в – природный режим; г – хозяйственный режим; Топохроноизоплетами показаны запасы в г/м²; I–VI и XI–XXI – фации (усл. обозн., рис. 2 и 3)
Fig. 4. Spatio-temporal models of aboveground mass and precipitation during the growing season in different years on transect testing areas: а – precipitation, mm; б – conservation regime; в – natural regime; г – economic regime. Topochrono-isopleths show reserves in g/m²; I – VI and XI – XXI are facies (see Fig. 2 and 3 for the legend)

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

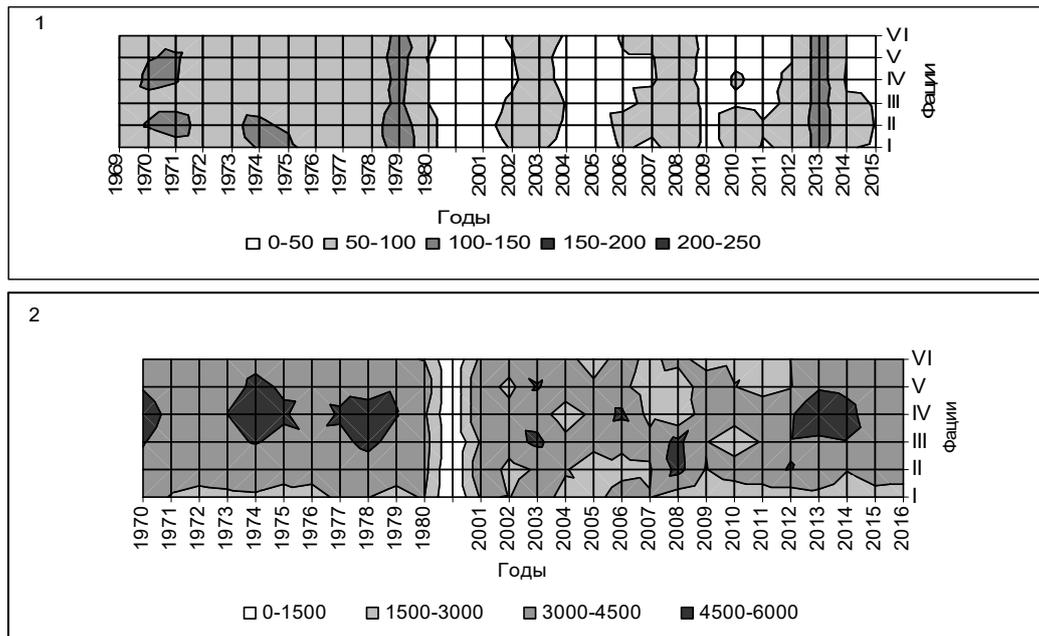


Рис. 5 (1, 2). Пространственно-временное изменение запаса почвенной влаги и запасов подземной массы в фациях Харанорского ключевого участка в слое почвы 0–50 см: 1 – запас влаги (мм); 2 – запас корней, г/м²

Fig. 5 (1, 2). Spatio-temporal change in the soil moisture and underground mass reserves in the facies of the Kharanorsky key area in the soil layer of 0–50 cm: 1 – moisture reserve (mm); 2 – root reserve, g/m²

Самые высокие запасы корней накапливаются в лугово-черноземных почвах днища пади – 4138 г/м² и мучнисто-карбонатных черноземах склона южной экспозиции – от 3209 до 3704 г/м² (ф. III, IV, V). Показано, что очередной сухой период (2001–2011 гг.) отличается от предыдущего (1969–1980 гг.) существенным повышением температуры и неоднозначным годовым количеством атмосферных осадков. В наиболее сухой период (2001–2011 гг.) запасы влаги в почвах большую часть времени находились на уровне влажности завядания и ниже. В 2013 г. выпало небывало большое количество осадков и запасы влаги в слое почвы 0–100 см увеличились в 2,5 раза.

Запасы корней в каштановых почвах и солончаках в фациях Цаган-Чолотуйского полигон-трансекта несколько ниже по сравнению с запасами корней Харанорского полигон-трансекта (табл. 2). Наиболее низкие запасы корней приурочены к пониженным формам рельефа, где наблюдается переувлажнение и солончаковатая почва с галафитной луговой растительностью (ф. XXI – 1614 г/м²). Наиболее своеобразна в своем развитии (ф. XVI) с пикульниковой растительностью, которая приурочена к надпойменной речной террасе с засоленными почвами, где подземная масса превышает надземную массу в 17,3 раза. Литоморфная хамеродово-типчачковая фация (ф. XI) на черноземных почвах по характеру сходна с подобной фацией заповедного участка первого полигон-трансекта (ф. I), но величина запасов общей фитомассы (ф. XI) в 1,2 раза меньше, где решающим фактором является сильная зацебненность почвы, поэтому водоудерживающая способность очень низкая, постоянно ощущается недостаток почвенной влаги. Установлено, что общее количество корневой массы возрастает за счет мертвых растительных остатков, которые больше всего накапливаются в пониженных формах рельефа (ф. XVI, XXI). При этом доказано, что неблагоприятные условия климата способствуют усиленному приросту живых корней, но также замедляют процессы минерализации корневой массы, в связи с этим общее количество корневой массы возрастает. Для фаций (ф. XII, XIII, XVI, XIX), затронутых хозяйственным использованием, решающим фактором, несомненно, выступает выпас животных. При интенсивном выпасе в природных системах снижается их продуктивность, быстро развивается водная и ветровая эрозия в этих фациях, что приводит к существенному нарушению функций саморегуляции геосистем. Для каждой фации характерен

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

один пик максимальных запасов корней, который может приходиться на начало или конец вегетации (рис. 5 (3, 4)). Для вершинных фаций (ф. I, VI) характерны незначительные колебания запасов корней в течение вегетационного периода. Существенные запасы корневой массы в начале вегетационного периода отмечены в днище пади (ф. III) в 1970, 1973 и 1974 гг., а наибольшие запасы свойственны склоновым фациям – разнотравно-вострещовой и разнотравно-тырсовой (ф. IV, V), максимум которых приходится на август и сентябрь в 1970 и 1974 гг. (рис. 5 (3)). Повышение запасов корневой массы к концу вегетации происходит за счет крайне неустойчивого режима влагообеспеченности корнеобитаемого слоя, совпадающего с жизненным процессом активной минерализации органических остатков.

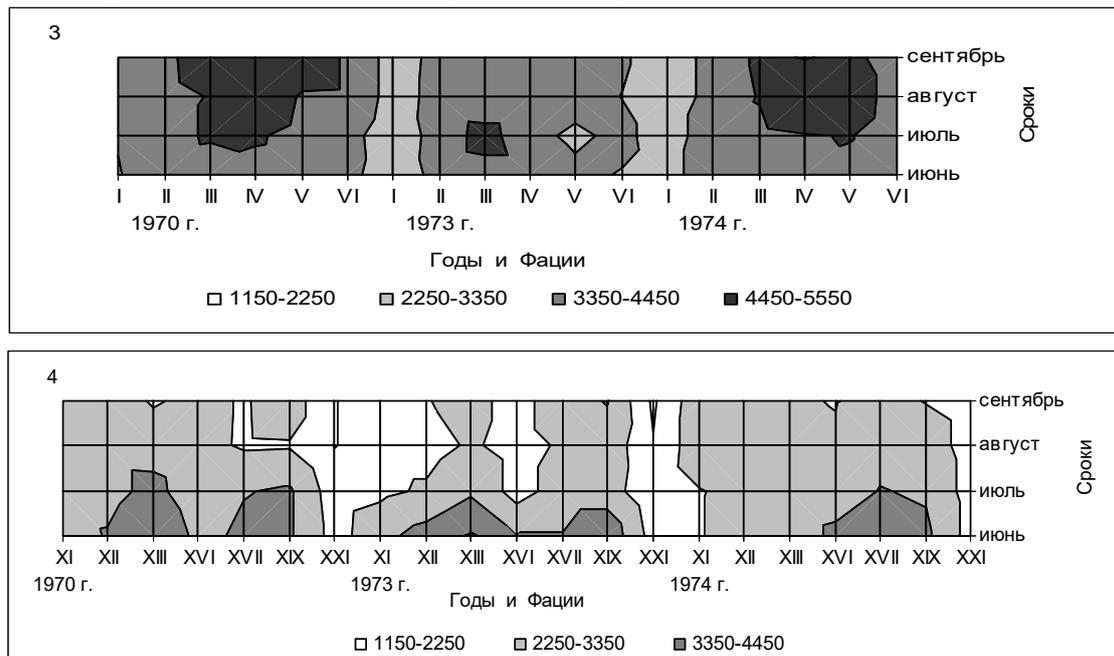


Рис. 5 (3, 4). Пространственно-временные модели подземной массы в течение вегетационного периода в разные годы на полигон-трансектах: 3 – заповедный режим, 4 – хозяйственный. Топохроноизоплетами показаны запасы в г/м²; I–VI и XI–XXI – фации (усл. обозн., рис. 2 и 3)

Fig. 5 (3, 4). Spatio-temporal models of the underground mass on transect testing areas during the growing season in different years: 3 – conservation regime, 4 – economic regime.

Topochrono-isopleths show reserves in g/m²; I – VI and XI – XXI are facies (see Fig. 2 and 3 for the legend)

В сезонной динамике запасы корней в фациях каштановых почв и солончаках Цаган-Чолотуйского полигон-трансекта имеют свои особенности. В течение всего теплого периода вегетации они характеризуются наличием максимумов и минимумов и повторяются в строгой последовательности. В 1973 г. максимум зафиксирован в начале вегетационного периода почти во всех фациях. Другой максимум отмечен в 1970 г. (ф. XII, XIII, XIV) и 1974 г. (ф. XVII, XIX) в середине лета в июле месяце. С начала августа и в сентябре максимумов не наблюдалось (рис. 5 (4)). Подобные явления отмечались и другими исследователями [6, 14]. Так же, как и в надземной фитомассе, в корнях максимальному их накоплению всегда предшествует период минимальных запасов. Периоды минимумов и максимумов повторяются в строгой последовательности. Таким образом, многолетние данные по запасам корневой массы существенно меняются по годам. Подземная масса в холодные и влажные годы обычно выше, чем в умеренно теплые и умеренно влажные. Установлено, что неблагоприятные условия способствуют усиленному приросту живых корней и замедляют процессы минерализации корнепада [4], в связи с этим общее количество корневой массы возрастает (в основном за счет корнепада предыдущего года).

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

Выводы

За годы работы на Харанорском стационаре детально изучены особенности ландшафтной структуры, динамики и функционирования степных геосистем Юго-Восточного Забайкалья. Проанализированы режимы отдельных компонентов геосистем и предложены подходы к моделированию и прогнозированию степных геосистем. На базе полученного материала были построены графические пространственно-временные модели компонентов геосистем, позволяющие определить тенденции их изменения по годам и в течение вегетационного периода в сопряженных рядах фаций на ключевых участках Онон-Аргунской степи. Установлено, что для каждой фации максимальное накопление фитомассы за вегетационный период достигается в конкретный, только для нее характерный срок, который согласуется с изменением гидротермических условий.

Данные погодичной динамики надземной массы также показали, что ее величина и жизненные процессы во всех фациях осуществляются за счет влаги атмосферных осадков и с некоторым повышением температуры воздуха, поэтому, учитывая особенности формирования надземной массы, изученные фации Харанорского полигон-трансекта при разных режимах исследования можно расположить в такой ряд: III>IV>V>II>VI>I.

Хозяйственная деятельность вносит существенную корректировку в распределение запасов фитомассы в фациях второго Цаган-Чолотуйского полигон-трансекта. Максимальная величина надземной массы на выпасаемом участке приурочена к концу июля и по мере ее увеличения выстраивается в следующую последовательность: XVII > XVI > XII > XXI > XIX > XIV > XI.

Преобладая в общей фитомассе, корневая система играет приоритетную роль, но при возникающем дефиците влаги установлено, что неблагоприятные условия климата способствуют усиленному приросту живых корней и одновременно с этим замедляют процессы минерализации корнепада, в связи с чем общее количество корневой массы возрастает и этому способствует масса корнепада предыдущего года.

Список источников

1. Алкучанский Говин Опыт стационарного изучения степного ландшафта. М.; Л.: Наука, 1964. 166 с.
2. Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская обл.). М.; Иркутск: ГУГК, 1967. 176 с.
3. Будыко М.И. Глобальное потепление // Изменение климата и их последствия. СПб: Наука, 2002. С. 7–12.
4. География продуктивности и биогеохимического круговорота наземных ландшафтов // К 100-летию профессора Н.И. Базилевич: материалы конф: в 2 ч. / под ред. Г.В. Добровольского, В.Н. Кудеярова, А.А. Тишкова. М., 2010. 670 с.
5. Давыдова Н.Д. Изменения в компонентах степных геосистем юго-восточного Забайкалья в условиях потепления климата // Аридные экосистемы. 2022. № 1(90). С. 3–10. doi: 10.24412/1993-3916-2022-1-3-10.
6. Дружинина Н.П. Биомасса надземной части травостоя // Топология степных геосистем. Л.: Наука, 1970. С. 106–115.
7. 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/ruarticle/view?id=23245> (дата обращения 06.05.23).
8. Дубынина С.С. Ландшафтно-геохимические исследования фитомассы и почв в фациях Харанорского полигон-трансекта Онон-Аргунской степи // Успехи современного естествознания. 2020. № 11. С. 62–68. doi: 10.17513/use 37516.
9. Изучение степных геосистем во времени / под. ред. В.Б. Сочавы. Новосибирск: Наука, 1976. 237 с.
10. Казанцева Т.И. Продуктивность зональных растительных сообществ степей и пустынь Гобийской части Монголии. М.: Наука, 2009. 336 с.
11. Кандалова Г.Т. Степные пастбища Хакасии // Трансформация, восстановление, перспективы использования. Новосибирск, 2009. 164 с.
12. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М.: Мысль, 1987. 183 с.
13. Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем Сибирских регионов. Новосибирск: Наука, 2010. 315 с.
14. Снытко В.А. Геохимия урочищ // Топология степных геосистем. Л.: Наука, 1970. С. 127–134.
15. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Новосибирск, 1976. Т. 2. 495 с.
16. Титлянова А.А., Шибарева С.В. Новые оценки запасов фитомассы и чистая первичная продукция степных экосистем Сибири и Казахстана // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2017. № 4. С. 43–55.
17. 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, исп. и доп. Новосибирск: ИПА СО РАН, 2018. С. 6–14. doi: 10.31251/978-5-600-02350-5.
18. Топология степных геосистем / отв. ред. В.Б. Сочава. Л.: Наука, 1970. 174 с.
19. Kazantseva T.I. Some cases of phytomass production in arid ecosystems Mongolia. *Abstr. of Intern. Confer.* Nogano, Japan, 2000. P. 46.
20. Lao B., Daoerji S.Ch., Chen Z., Huang De. The dynamics of biomass and a relationship between and precipitation of desert steppe in Inner Mongolia. *Arid Land Geogr.* 1990. Vol. 13, No. 1. P. 10–17.

Физическая география, ландшафтоведение и геоморфология
Дубынина С.С.

References

1. Alkuchansky Govin (1964). *The experience of stationary study of the steppe landscape*. Moscow, Leningrad: Nauka. 166 p.
2. Atlas of Transbaikalia (1967). Buryat ASSR and Chita region. Moscow: Irkutsk: GUGK, 176 p.
3. Budyko M.I. (2002). Global warming, *Climate change and their consequences*. St. Petersburg: Nauka. pp. 7–12.
4. Geography of productivity and biogeochemical cycle of terrestrial landscapes (2010). To the 100th anniversary of Professor N.I. Bazilevich. Edited by: G.V. Dobrovolsky, V.N. Kudryarov, A.A. Tishkov. In 2 parts. Moscow. 670 p.
5. Davydova N.D. (2022). Changes in the components of steppe geosystems of southeastern Transbaikalia in conditions of climate warming, *Arid ecosystems*. № 1 (90). pp. 3–10. DOI: 10.24412/1993-3916-2022-1-3-10.
6. Druzhinina N.P. (1970). Biomass of the aboveground part of the herbage. In the book: *Topology of steppe geosystems*. Leningrad, Nauka. pp. 106–115.
7. Dubynina S.S. (2015). Biological productivity of plant matter of the steppes of Southeastern Transbaikalia in extreme climate conditions, *Modern problems of science and education*. № 2–2. URL.: <https://www.science-education.ru/ruarticle/view?id=23245>.
8. Dubynina S.S. (2020). Landscape-geochemical studies of phytomass and soils in the facies of the Kharanorsky polygon-transect of the Onon-Argun steppe, *The successes of modern natural science*. No. 11. pp. 62–68. DOI: 10.17513/use 37516.
9. Study of steppe geosystems in time (1976). Novosibirsk: Nauka. 237 p.
10. Kazantseva T.I. (2009). *Productivity of zonal plant communities of steppes and deserts of the Gobi part of Mongolia*. M.: Nauka. 336 p.
11. Kandalova G.T. (2009). Steppe pastures of Khakassia. *Transformation, restoration, prospects of use*. Novosibirsk. 164 p.
12. Methods of studying the biological cycle in various natural zones (1987). Moscow, Thought. 183 p.
13. Monitoring and forecasting of the material-dynamic state of geosystems of Siberian regions (2010). Novosibirsk: Nauka. 315 p.
14. Snytko V.A. (1970). Geochemistry of tracts. In the book: *Topology of steppe geosystems*. Leningrad, Nauka, 1970. pp. 127–134.
15. Structure, functioning and evolution of the Baraba biogeocenosis system (1976). Novosibirsk. Vol. 2. 495 p.
16. Titlyanova A.A., Shibareva S.V. (2017). New estimates of phytomass reserves and pure primary production of steppe ecosystems of Siberia and Kazakhstan, *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. The series is geographical*. No. 4. pp. 43–55.
17. Titlyanova A.A. (2018). Methodology and methods of studying productive and destructive processes in grass ecosystems. *Biological productivity of grass ecosystems. Geographical patterns and ecological features*. Ed. 2nd, corrected and supplemented. Novosibirsk: IPA SB RAS. pp. 6–14. DOI: 10.31251/978-5-600-02350-5.
18. Topology of steppe geosystems (1970). Leningrad, Nauka. 174 p.
19. Kazantseva T.I. (2000). Some cases of phytomass production in arid ecosystems Mongolia, *Abstr. of Intern. Confer. Nogano*. Japan. P. 46.
20. Lao B., Daoerji S.Ch., Chen Z., Huang De (1990). The dynamics of biomass and a relationship between and precipitation of desert steppe in Inner Mongolia, *Arid Land Geogr*. No. 1. pp. 10–17.

Статья поступила в редакцию: 06.06.23, одобрена после рецензирования: 08.11.23, принята к опубликованию: 13.05.24.

The article was submitted: 6 June 2023; approved after review: 8 November 2023; accepted for publication: 13 May 2024.

Информация об авторе

Светлана Сергеевна Дубынина

кандидат географических наук, научный сотрудник,
профессор Российской Академии Естествознания,
Институт географии им. В.Б. Сочавы СОРАН,
664033, Россия, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1

Information about the author

Svetlana S. Dubynina

Candidate of Geographical Sciences, Researcher,
Professor of the Russian Academy of Natural Sciences,
V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS;
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033, Russia

e-mail: sdubynina@yandex.ru