

УДК 911.2:504.7

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗАПОВЕДНЫХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ СТЕПЕЙ ХАКАСИИ В МНОГОЛЕТНЕМ РЕЖИМЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Дубынина С.С.

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

В работе обобщены результаты многолетних исследований биологической продуктивности заповедных и естественных растительных сообществ Хакасской степи Минусинской котловины юга Красноярского края. Работа выполнена на основе стационарных режимных наблюдений. Дана характеристика объектов исследования (местоположение, почвенный покров, состав травостоя, высота травостоя, проективное покрытие). Определена устойчивость отдельных видов и жизненных форм как основных ценозообразователей растительных сообществ, а также установлено сходство и различие их на разных склонах полигон-трансекта. Показана роль мелкодерновинных и разнотравно-овсецово-кочкельных злаков растительных сообществ как одного из критериев отнесения сообществ к типу настоящих степей. Детально проанализированы и обобщены материалы по продуктивности зеленой массы, мортмассы растительных сообществ в многолетнем режиме функционирования. Изучение динамики фитомассы позволило оценить и выявить те регуляторные механизмы, которые обеспечивают устойчивость заповедных и естественных степных ландшафтов Хакасии.

**Ключевые слова:** заповедный и естественный режим, фитомасса, динамика, функционирование, стационарные исследования юга Красноярского края

## BIOLOGICAL PRODUCTIVITY AND CONSERVATION OF NATURAL PLANT COMMUNITIES STEPPES OF KHAKASSIA IN LONG TERM OPERATION

Dubynina S.S.

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

The work generalizes results of long-term studies of biological productivity and conservation of natural plant communities Khakasskoy the steppes of the Minusinsk hollow of southern Krasnoyarsk territory. The work was carried out on the basis of a stationary regime of observations. The characteristic objects of study (location, soil cover, composition of grass, grass height, projective cover). Determined the stability of individual species and life forms as main cenosis-formers plant communities, and the similarities and differences of their different slopes on the polygon-transect. It is shown that the role of bunchgrass and forb-osecola grass-cereal plant communities as a criterion for the classification of a community to the type of these steppes. Analyzed in detail and summarizes the data on productivity of green mass, the mortmass plant communities in long-term operation. The study of the dynamics of phytomass allows to evaluate and to identify regulatory mechanisms that provide the variability and sustainability of conservation and natural steppe landscapes of Khakassia.

**Keywords:** conservation and natural mode, phytomass, dynamics, functioning, stationary studies of the South of Krasnoyarsk region

Степи Хакасии расположены в основном на юге Минусинской котловины. По классификации Е.М. Лавренко [6] приуроченность степей к южным черноземам позволяет отнести эти травяные экосистемы к настоящим засушливым степям, растительный покров которых состоит из крупнодерновинных и мелкодерновинных злаков, а также из корневищных многолетников. Заметное участие в травяных экосистемах настоящих степей принимают кустарники и виды ксерофитного разнотравья. В настоящее время, когда хозяйственная деятельность усиливается, познание этих вопросов в рамках всех ритмов природных явлений, особенно с учетом климатических изменений, представляется очень актуальным.

**Цель исследования** – изучить структуру и динамику растительного вещества степных ландшафтов Хакасии юга Красно-

ярского края, на основе многолетних стационарных работ, с позиций системного подхода, этапы которых увязаны между собой единой идеей.

### Материалы и методы исследования

Детальные исследования проводились в фациях, до и после снятия заповедного режима на экспериментальном Новониколаевском физико-географическом стационаре, расположенном в Койбальской степи Минусинской котловины на юге Красноярского края. Степной стационар находится между горными системами Западного, Восточного Саяна и Кузнецкого Алатау с мелкогорядовым и плоскоравнинными формами рельефа. Абсолютные высоты составляют 300–500 м. Климат котловины довольно теплый: средняя температура июля составляет 19 °С, среднегодовая положительна 0,9 °С, выпадает 350–450 мм осадков в год, максимальное количество приходится на летние месяцы (50–60%). Вегетационный период длится с середины апреля до середины октября.

Стационарные исследования в заповедных условиях велись в 1970–1994 гг. Результаты коллективного труда за эти годы исследований освещены в многочисленных публикациях и монографиях [1, 8]. С 1994 г. на полигон-трансекте снят заповедный режим, с 2000 г. наблюдения по продуктивности продолжены в условиях естественного состояния фаций. Результаты наблюдений опубликованы в коллективных монографиях [3, 10].

Основные понятия и термины по биологической продуктивности изложены в ряде работ [7, 9]. Биологическая продуктивность характеризуется запасом надземных органов растений, полученных на единицу площади, которая делится на следующие фракции: зеленая масса, ветошь и подстилка. Зеленую массу разбирали по видам и делили на жизненные формы. Из состава степной флоры для анализа были взяты растения, играющие наиболее выраженную роль в сложении травостоя сообществ – эдификаторы и доминанты, а также некоторые виды растений, хотя и не играющие большой фитоценотической роли, но имеющие интересные биологические особенности. Все пробы раститель-

ного вещества высушивались в течение 8–12 часов при температуре 105 °С до абсолютно сухого веса, затем взвешивались. Ошибка средней для данных надземной массы составила ±10–16 %.

### Результаты исследования и их обсуждение

Койбальская степь включает в себя разные по характеру сообщества, различающиеся в зависимости от условий мезорельефа, проективного покрытия, высоты травостоя и видового разнообразия. Значительную часть продуктивности сообществ обеспечивают доминирующие виды, которые объединены в группы по жизненным формам. Изучение жизненных форм способствует более глубокому познанию структуры и динамики растительных сообществ, а распределение удобнее рассматривать по элементам рельефа (таблица).

Характеристика показателей растительных сообществ в условиях заповедного и естественного режима Койбальской степи с 1970 по 2015 г.

Элемент мезорельефа	Транзитная часть южного склона	Транзитная часть северного склона
Почва	Чернозем южный среднегумусный среднемощный солонцеватый	Чернозем южный малогумусный среднемощный карбонатный солонцеватый
Растительное сообщество	Мелкодерновинно-злаково-ковыльное с караганой	Разнотравно-овсецово-ковыльное с караганой
Эдификаторы, доминанты, и другие виды растений травяного покрова	<i>Stipa Krylovii</i> , <i>Helictotrihom desertorum</i> , <i>Festuca calesiaca</i> , <i>Koeleria cristata</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Carex pediformis</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Caragana pygmaea</i> , <i>Aneurolepidium pseudoagropyrum</i>	<i>Helictotrihom desertorum</i> , <i>Stipa Krylovii</i> , <i>Festuca valesiaca</i> , <i>Koeleria cristata</i> , <i>Cleistogenes squarrosa</i> , <i>Carex duriuscula</i> , <i>Artemisia frigida</i> , <i>Caragana pygmaea</i> , <i>Poa stepposa</i>
	Заповедный режим	
Количество видов на 1 м <sup>2</sup>	14–17	11–23
Высота травостоя, см	10–65	10–60
Проективное покрытие, %	60–70	80–90
Группы растений: Злаки, %	54–80	45–67
Осоки, %	4–18	12–21
Разнотравье, %	2–10	9–25
Полукустарнички, %	1–8	1–9
Кустарники, %	8–13	8–15
	Естественный режим	
Количество видов на 0,25 м <sup>2</sup>	5–6	7–12
Высота травостоя, см	10–70	10–60
Проективное покрытие, %	50–60	50–70
Группы растений: Злаки, %	35–80	47–67
Осоки, %	2–16	2–30
Разнотравье, %	4–23	13–33
Полукустарнички, %	1–40	3–8
Кустарники, %	4–25	1–13

Южные склоны характеризуются значительной инсоляцией, прогреваемостью почвы, недостаточным атмосферным увлажнением. Почвенный покров неоднородный, представлен черноземами южными маломощными среднегумусными солонцеватыми. Ниже по склону напряженность абиотических факторов постепенно ослабевает (угол наклона 5–7°), транзитные процессы аккумуляции и сноса вещества уравновешены, почвы маломощны и щебнисты, но содержание гумуса увеличивается [8].

Растительный покров в транзитной части полигон-трансекта склона южной экспозиции представлен мелкодерновинно-злаково-ковыльным сообществом. Эти сообщества относятся к переходным от мелкодерновинно-злаковой группы к крупнодерновинной злаковой [5]. С первыми их сближает полидоминантная структура с господством дерновинных злаков. Для них характерны виды: *Helictotrihom desertorum*, *Stipa capillata*, *Carex pediformis*, *Aster alpinus*, *Vupleurum scorzonerifolium*, *Artemisia glauca*, *Poa botryoides*. Со вторыми – эдификаторная роль ковыля Крылова и мелкодерновинные виды: *Stipa Krylovii*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*, *Poa botryoides*, *Agropyron cristatum*, *Carex duriuscula*. В местах с близким залеганием материнских пород на слабо сформированных щебнистых почвах преобладают корневищные виды: кустарник – *Caragana pygmaea* и полукустарничек – *Artemisia frigida*. Это два вида с вегетативным и семенным типом размножения, с большой продолжительностью и устойчивостью жизни в степных сообществах [4]. Функции видов в сообществе строго распределены: одни – эдификаторы со стабильным доминированием, это *Stipa Krylovii* и *Cleistogenes squarrosa*; другие испытывают флуктуации – *Festuca valesiaca*

*Koeleria cristata*; третьи уходят из фитоценоза при сильном выпасе – *Helictotrihom desertorum*; четвертые усиливают свои позиции с увеличением солонцеватости – *Carex duriuscula*.

Долевое участие жизненных форм в мелкодерновинно-злаково-ковыльном сообществе представлено на рис. 1, где показана сравнительная оценка средних показателей: а – заповедного; б – естественного режима.

Изучение жизненных форм на южном склоне полигон-трансекта заповедного режима мелкодерновинно-злаково-ковыльного сообщества показало преобладание злаков, которые колеблются от 54 до 80%, где первое место принадлежит крупнодерновинным злакам: *Helictotrihom desertorum*, *Stipa capillata*. Низким содержанием в заповедном режиме отмечены: осоки, разнотравье и полукустарнички до 10% [2]. Осоки ведут себя по-разному, если в почве нет признаков солонцеватости, доминирует дерновинная форма – *Carex pediformis*, а на солонцеватых почвах корневищная форма – *Carex duriuscula*. Смена эдификаторов сообщества после прекращения заповедного режима сопровождается снижением мелкодерновинных злаков: *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*. В отдельные годы они остаются в числе доминирующих видов.

В мелкодерновинно-злаково-ковыльном сообществе естественного режима, по сравнению с заповедными условиями, существование травяного покрова изменено. Проективное покрытие составляет 50–60%, а содержание крупнодерновинных злаков, *Helictotrihom desertorum*, *Stipa Krylovii*, в сухие годы составляет 35%, а во влажные увеличивается до 80% (табл. 1). Обилие *Festuca valesiaca*, *Cleistogenes squarrosa*, по сравнению с заповедными условиями, так же стабильно увеличивается, но оно может меняться от сочетания тепла и влаги.

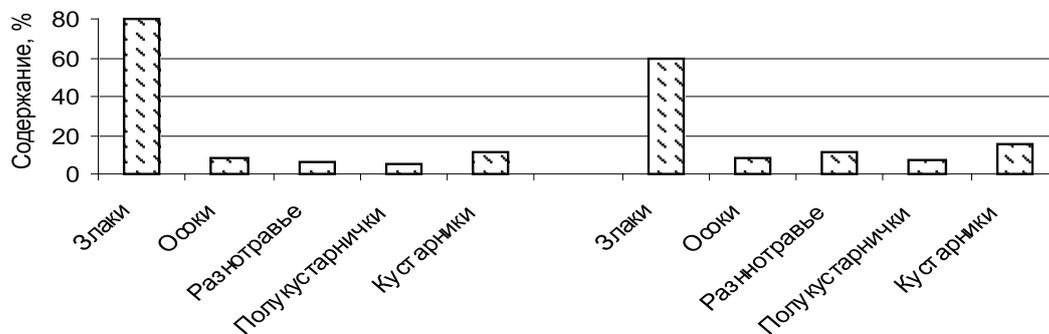


Рис. 1. Содержание жизненных форм в мелкодерновинно-злаково-ковыльном сообществе на южном склоне полигон-трансекта: а – заповедным режимом (1970–1992 гг.); б – естественным режимом (2000–2015 гг.)

В травостое с естественным режимом преобладает обилие вида *Carex pediformis*, при этом снижается обилие *Carex duriuscula*. Из группы разнотравья уменьшается обилие видов *Potentilla acaulis*, *Galium verum*, *Dianthus versicolor*. В естественном режиме, по сравнению с заповедными условиями, жизненная форма полукустарнички (*Artemisia frigida*, *Thymus minussinensis*) увеличивает свое содержание в отдельные годы до 40%. Выпадающие осадки могут длительное время удерживаться в почве, что позволяет полукустарничкам постепенно расходовать почвенную влагу и накапливать свою массу. В эти годы полукустарнички выступают в роли субдоминанта, а в основном среднее содержание группы полукустарничков до 7%, независимо от того в каком режиме природной среды они находятся. В современных условиях естественного режима заметно увеличилось доленое участие кустарника *Caragana pygmaea* – в 2,5 раза по сравнению с заповедными условиями.

Северный склон северной гряды крутой. В денудационной части угол наклона достигает 25°. Рыхлый покров на этом участке склона представлен мелкоземом мощностью не более 0,5 м с редкой дресвой и щебнем кремнистых известняков. Почвы южные щебнистые [1]. Ветровая и радиационная затененность, большая крутизна верхней части северного склона создает особые экологические условия, отличающиеся от южных склонов. Интересной особенностью крутых северных склонов являются процессы новации, связанные с накоплением и длительным сохранением больших запасов снега. В результате медленного таяния в рельефе формируются отрицательные формы – нивальные ниши. В зависимости от степени сформированности нивальных ниш их рас-

тительность проходит все стадии первичной сукцессии от луговых микрогруппировок до кустарниковой и древесной [8]. Крутые склоны северной экспозиции заняты разнотравно-овсецово-ковыльным травостоем. Горизонтальное сложение этого сообщества комплексное. На общем фоне пятнами выделяются осочково-востречовые сообщества со значительным участием полыни холодной – *Artemisia frigida*, типчака – *Festuca* и тонконога гребенчатого – *Koeleria cristata*. В сообществах северного склона на щебнистых почвах произрастает овсец пустынный – *Helictotrihom desertorum*, который выступает как субдоминант. На рис. 2 показана сравнительная характеристика средних показателей долевого участия жизненных форм при а – заповедном; б – естественном режиме.

Одной из характерных черт состава разнотравно-овсецово-ковыльного сообщества является преобладание злаков, которые колеблются от 45 до 67%, где большая часть принадлежит крупнодерновинным злакам *Helictotrihom desertorum*, *Stipa Krylovii*. Сравнение современных условий с заповедным режимом показало, что содержание крупнодерновинных злаков уменьшилось. Все остальные группы жизненных форм ниже 20%, при этом выделяется группа степного разнотравья в условиях естественного режима, которая увеличилась до 22%. Увеличение запасов растительного вещества в благоприятные годы происходит в основном за счет этой группы. Значительное снижение содержания кустарников, особенно – *Caragana pygmaea*, происходит за счет влияния весенних палов.

Продуктивность является одним из важнейших результирующих показателей жизнедеятельности и развития сообщества [6]. Для выяснения экологических

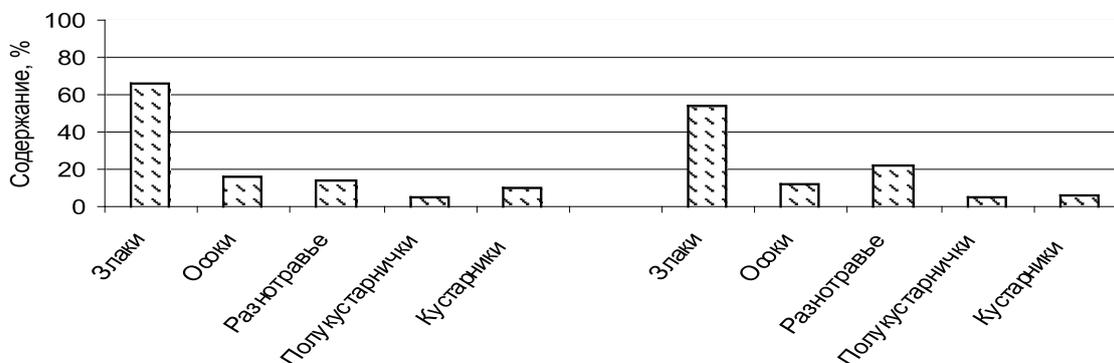


Рис. 2. Содержание жизненных форм в разнотравно-овсецово-ковыльном сообществе на северном склоне полигон-трансекта: а – с заповедным (1970–1994 гг.); б – естественным режимом (2000–2015 гг.)

особенностей запасов надземной массы крупнодерновинных и мелкодерновинно-злаково-разнотравных сообществ Минусинской степи были построены гистограммы по средним значениям заповедного (1970–1994 гг.) и естественного (2000–2015 гг.) режимов полигон-трансекта. С изменением режима увлажнения и теплообеспеченности из года в год меняется величина запасов фитомассы, а недостаток влаги в корнеобитаемом слое почвы и частые весенние палы в естественном режиме еще больше приводят к уменьшению мортмассы, т.е. ветоши и подстилки (рис. 3).

ловиях показал существенную разницу ее запасов в заповедных условиях (1970–1994 гг.), имеющих большую амплитуду колебаний – от 30 до 658 г/м<sup>2</sup>. Запасы мортмассы при естественном режиме (2000–2015 гг.) колеблются от 17 до 153 г/м<sup>2</sup>. Количество ветоши в заповедных условиях выше в 4,5 раза, а подстилки в 7 раз, по сравнению с естественным режимом (рис. 3). Для Хакасских степей типична своя система динамического равновесия растительного вещества в зависимости от соотношения тепла и влаги и техногенных нагрузок.

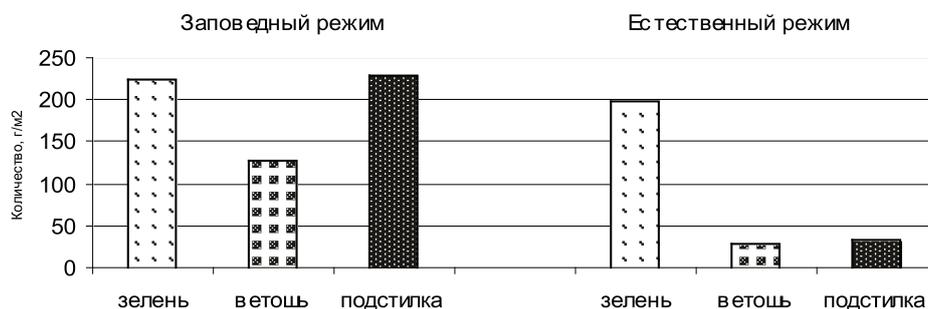


Рис. 3. Средние запасы надземной массы растительного вещества на полигон-трансекте Минусинской степи при разных режимах, г/м<sup>2</sup>

Запасы надземной массы в растительных сообществах имеют свои особенности, в зависимости от использования. Общее количество зеленой массы на разных склонах северной и южной экспозиции за годы наблюдений (1970–1994 гг.) при заповедных условиях показали значительное варьирование в сухие и влажные годы (от 80 до 345 г/м<sup>2</sup>). Зависимость накопления зеленой массы определяется не только с количеством выпавших в данный год осадков, но и с преобразованиями этой влаги в почве и ее запасами с осени. На северном склоне запасы зеленой массы колеблются от 24 до 200 г/м<sup>2</sup>, ее увеличение происходит за счет накопления влаги в почве из-за медленного таяния снежного покрова. В условиях естественного режима на южном склоне (2000–2015 гг.) запасы зеленой массы колеблются от 96 до 309 г/м<sup>2</sup>. На северном склоне в разнотравно-овсецово-ковыльном сообществе естественного режима, в зависимости от содержания тепла и влаги и техногенного влияния варьирование значительно ниже – от 9 до 91 г/м<sup>2</sup>. Данные по максимальным запасам зеленой массы заповедных условий в 3,5 раза выше естественных.

Анализ мортмассы по средним показателям в разных экологических ус-

### Выводы

Полученные результаты по составу жизненных форм и продуктивности надземной массы растительных сообществ Минусинской котловины за длительный период с 1970 по 2015 гг. стационарных наблюдений с разными режимами позволили сделать общие выводы:

1. Результаты сравнительного анализа продуктивности Минусинских степей позволяют понять картину утраченного и выявить тенденции развития степных сообществ в многолетнем режиме функционирования. Система центральноазиатских типов степей подтверждается в основном содержанием видов жизненных форм растительности и продуктивностью фитомассы.

2. Показана роль злаков растительных сообществ как одного из критериев отнесения сообществ к типу настоящих степей. Значительная роль принадлежит крупнодерновинным злакам: *Helictotrihom desertorum*, *Stipa Krylovii*, и они занимают лидирующее положение. При смене режимных условий мелкодерновинные злаки *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata* также остаются в числе доминирующих.

3. Выявлена устойчивость сообществ, которая обеспечивается в многолетних циклах флуктуациями видов травяного покрова. Установлена продуктивность растительных сообществ при разных режимах: запасы зеленой массы в заповедных условиях колеблются от 80 до 345 г/м<sup>2</sup>, мортмассы – от 30 до 658 г/м<sup>2</sup>. Растительные сообщества при естественном состоянии характеризуются запасами мортмассы в 5–7 раз ниже, по сравнению с заповедными условиями. Для Хакасских степей типична своя система динамического равновесия растительного вещества в зависимости от соотношения тепла и влаги и техногенных нагрузок.

4. Стихийные периодически возникающие весенние палы охватывают большие площади, ведут к иссушению местообитания и ксерофитизации растительного покрова. При засухе выявлена высокая устойчивость полукустарничков – полыни холодной – *Artemisia frigida* и некоторых видов разнотравья – *Allium odorum* и *Galium verum*. Отмечено увеличение кустарника – *Caragana pygmaea*. Во время весенних пожаров происходит угнетение или уничтожение семян ценных кормовых злаков. В этой связи для сохранения банка семян и качества природной среды возникает необходимость пересмотра так-

тических принципов природопользования в условиях степных ландшафтов.

#### Список литературы

1. Волкова В.Г., Кочуров Б.И., Хакимзянова Ф.И. Современное состояние степей Минусинской котловины. – Новосибирск: Наука, 1979. – 91 с.
2. Географические исследования Сибири. Ландшафтообразующие процессы / отв. ред. В.Б. Выркин, Е.Г. Нечаева. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – Т. 2. – 317 с.
3. Дубынина С.С. Восстановление почвенно-растительного покрова после интенсивного хозяйственного использования (на примере Койбальской степи) // Изучение, освоение и использование почв Сибири. – Новосибирск, 2008. – С. 189–196.
4. Кандалова Г.Е. Степные пастбища Хакасии: трансформация, восстановление, перспективы использования. – Новосибирск, 2009. – 165 с.
5. Куминова А.В. Некоторые вопросы использования и охраны растительного мира // Растительный покров Хакасии. – Новосибирск, 1976. – С. 368–376.
6. Лавренко Е.М. Степи и сельскохозяйственные земли на месте степей // Растительный покров СССР. – М.-Л., 1956. Т. 11. – С. 595–730.
7. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. – М.: Мысль, 1987. – 183 с.
8. Природные режимы степей Минусинской котловины. – Новосибирск: Наука, 1976. – 236 с.
9. Родин Л.Е., Ремезов Н.П., Базилевич Н.И. Методические указания к изучению динамики и биологического круговорота в фитоценозах. – Л.: Наука, 1968. – 143 с.
10. Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири. – Новосибирск: Наука, 2004. – 184 с.