

## Жизненность аласных ценопопуляций ячменя короткоостого (*Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link)

### Vitality of alasic cenopopulations of *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link

Кардашевская К. В., Кардашевская В. Е.

Kardashevskaya K. V., Kardashevskaya V. E.

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, г. Якутск, Россия.

E-mails: [kyunneykardash@mail.ru](mailto:kyunneykardash@mail.ru), [kardashevskaya\\_v@inbox.ru](mailto:kardashevskaya_v@inbox.ru)

North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosova, Yakutsk, Russia

**Реферат.** Виталитетная структура ценопопуляций (ЦП) является одним из основных показателей состояния ЦП, реально отражающая жизненность и устойчивость к воздействию стресса. В 2020–2021 гг. изучена виталитетная структура ЦП поликарпического, корневищно-рыхлокустового злака *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link, одного из доминантов и важных ресурсных компонентов аласных лугов в Чурапчинском районе Якутии. Исследованы 32 морфологических параметра генеративных особей. Повторность по особям в каждой ЦП 30-кратная. Оценка виталитета особей и в целом ЦП проведена по методу Ю. А. Злобина, дополненная А. Р. Ишбирдиным и М. М. Ишмуратовой. Особи ЦП среднего пояса аласов имеют показатели параметров ниже, чем показатели ЦП нижнего пояса, но выше чем в ЦП верхнего пояса аласов. Исследованиями установлено, что в ЦП вида имеются особи всех трех классов виталитета: *a*-высшего, *b*-среднего и *c*-низшего. В целом, за годы исследований виталитетная структура аласных ЦП Чурапчинского района претерпела некоторые изменения. Преобладает средний класс виталитета и процветающий тип ценопопуляции. Вид адаптирован к ограниченным почвенно-климатическим ресурсам аласов, но наиболее жизнеспособен в нижних поясах аласов. На виталитетное состояние ЦП влияет положение ЦП в определенном поясе аласов и увлажненность года.

**Ключевые слова.** Верхний, средний, нижний пояс аласов, виталитетная структура, классы виталитета, индекс виталитета ценопопуляций (IVC), ценопопуляция, ячмень короткоостый, *Hordeum brevisubulatum*.

**Summary.** The vital structure of cenopopulations (CP) is one of the main indicators of the state of the CP, which really reflects vitality and resistance to stress. In 2020–2021, the vital structure of the CP of polycarpic, rhizomatous-friable grass *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link, one of the dominants and important resource components of the alasy meadows in the Churapchinsky district of Yakutia, was studied. 32 morphological parameters of generative individuals were studied. The repetition by individuals in each CP is 30-fold. The assessment of the vitality of individuals and the CP as a whole was carried out according to the method of Yu. A. Zlobin, supplemented by A. R. Ishbirdin and M. M. Ishmuratov. Individuals of the CP of the alas middle belt have parameter values lower than those of the CP of the lower belt, but higher than in the CP of the upper belt of the alas. Studies established that in the CP of the species there are individuals of all three classes of vitality: *a*-higher, *b*-middle and *c*-lower. In general, over the years of research, the vital structure of the alas CP of the Churapchinsky district has undergone some changes. The middle class of vitality and a thriving type of cenopopulation prevail. The species is adapted to the limited soil and climatic resources of the alas, but is most viable in the lower belts of the alas. The vital state of the CP is affected by the position of the CP in a certain zone of alas and the moisture content of the year.

**Key words.** Cenopopulation, classes of vitality, *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link., upper, middle, lower belt of alas, vitality index of cenopopulations (IVC), vital structure.

Для управления и обеспечения устойчивого состояния природных ресурсов необходима оценка состояния объектов биоразнообразия, в том числе ценопопуляций как систем надорганизменного уровня, составляющих основу целостности и устойчивости растительного покрова в экстремаль-

ных условиях Якутии. *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link – это поликарпический, корневищно-рыхлокустовой злак с двумя типами вегетативных побегов (розеточными, полурозеточными) и генеративными. По эколого-ценотической классификации является луговым галомезофитом, адаптированным к ограниченному почвенно-климатическим ресурсам Центральной Якутии. Это обусловило выбор данного вида для мониторинговых популяционных исследований в аласных лугах. Изучали динамику организменных параметров в зависимости от климатических условий в годы исследований и экологических условий разных поясов аласа. Показатели организменных морфометрических параметров являются отражением уровня продуктивности и формообразования особей, определяют виталитет особей и виталитетную структуру всей ценопопуляции.

Исследование провели в аласных лугах Чурапчинского района Республики Саха (Якутия) в течение двух лет (2020–2021 гг.). Для изучения организменных признаков в каждой ЦП случайно отобраны и замерены по 30 генеративных особей. Измерены следующие морфометрические параметры: высота максимального генеративного побега (признак 1, далее в скобках номера признаков), число генеративных, розеточных, полурозеточных и общее число побегов на особи (соответственно 2–5 признаки), число междоузлий и их длина на максимальном генеративном побеге (6–11), число листьев на этом побеге (12), длина влагалищ (13–17), листовых пластинок (18–22) и ширина 1–5-го листьев (23–27), длина соцветия (28), число узлов и колосков в соцветии (29–30), потенциальная (ПСЦ) (31) и реальная семенная продуктивность (РСЦ) (32).

Оценка виталитета особей и ЦП проведена по методу Ю. А. Злобина (1989, 2009). Также для оценки жизненности особей и ЦП применяли популяционный индекс – индекс виталитета ценопопуляций (IVC) (Ишбирдин, Ишмуратова, 2004; Ишбирдин и др., 2005). Индекс (IVC) вычисляется для каждой особи и для каждой ЦП. Градиент ухудшений условий роста выстраивается как ряд ЦП по убыванию значения их IVC. При расчете IVC исходят из того, что максимальное развитие растение получает в наиболее благоприятных условиях и уменьшает свой габитус в условиях стресса. Виталитетные спектры ЦП строили на основе разделения особей вида в ЦП на 3 класса: низший (с), средний (b) и высший (a) классы виталитета. На основании разного соотношения численности особей 3 классов виталитета в отдельной ЦП выделяют 3 виталитетных типа ЦП. Процветающий тип характеризуется преобладанием особей высшего класса (a), равновесный тип выделяется при равной встречаемости особей всех 3 классов виталитета, депрессивный тип отличается преобладанием особей с низшим классом виталитета.

Экологические условия местообитаний растительных сообществ с ЦП вида оценивали по региональным экологическим шкалам (по увлажненности, богатству-засоленности и пастбищной дигрессии) (Троева и др., 2010). Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по методике Г. Т. Селянинова (Сиротенко, 2012). Данные обработаны с использованием пакетов программ Excel 2016 и Statistica 2010.

Аласы – это уникальный ландшафт Центральной Якутии, представляют собой котловино-образные понижения, образовавшиеся в результате вытаивания многолетнемерзлых плохо дренируемых грунтов с образованием озер, т. е. аласы имеют термокарстовое происхождение (Аласные экосистемы ..., 2005). Обычно они имеют днище с постепенным уклоном к центру впадины, в которой бывают одно или несколько озер. Растительность аласов располагается четырьмя концентрическими поясами вокруг озер (Гоголева и др., 2016). Вокруг озер господствует прибрежно-водная растительность. В нижнем поясе аласа произрастают сообщества болотистых и влажных лугов, в среднем – в разной степени засоленные настоящие луга и в верхнем поясе расположены остепненные луга и степи. Чурапчинский р-н расположен в Лено-Амгинском междуречье и отличается разнообразием аласов – основных кормовых угодий района.

Среднемесячная температура воздуха и количество осадков, выпавших в вегетационные периоды, представлены на рис. Показатели ГТК в период вегетации растений (май – сентябрь) в районах исследования в 2020–2021 гг. составили, соответственно, 0,58 (очень засушливый) и 0,39 (сухой), следовательно, 2021 г. более неблагоприятный по увлажнению.

Сравнительный экологический анализ растительных сообществ с *Hordeum brevisubulatum*, приуроченных к разным поясам исследованных аласов, показал, что все они являются влажно-луговыми. Вместе с тем по степени увлажнения пояса аласов существенно отличаются между собой, степени увлажнения варьируют от 64,3 до 73,1. На нижнем поясе аласов степень увлажнения достигает максимума – 73,0–73,1, что довольно близко к сыролуговому увлажнению. В этих фитоценозах доминирует гигрофит *Alopecurus arundinaceus*. На верхнем поясе аласов степень увлажнения близка к сухолуговому увлажнению. По шкале богатства-засоленности почв сообщества относятся к диапазону довольно богатых почв (от 11,2 до 12,2). По шкале пастбищной дигрессии (от 3,2 до 4,1) выдерживают слабый и умеренный выпас (полупастбищники).

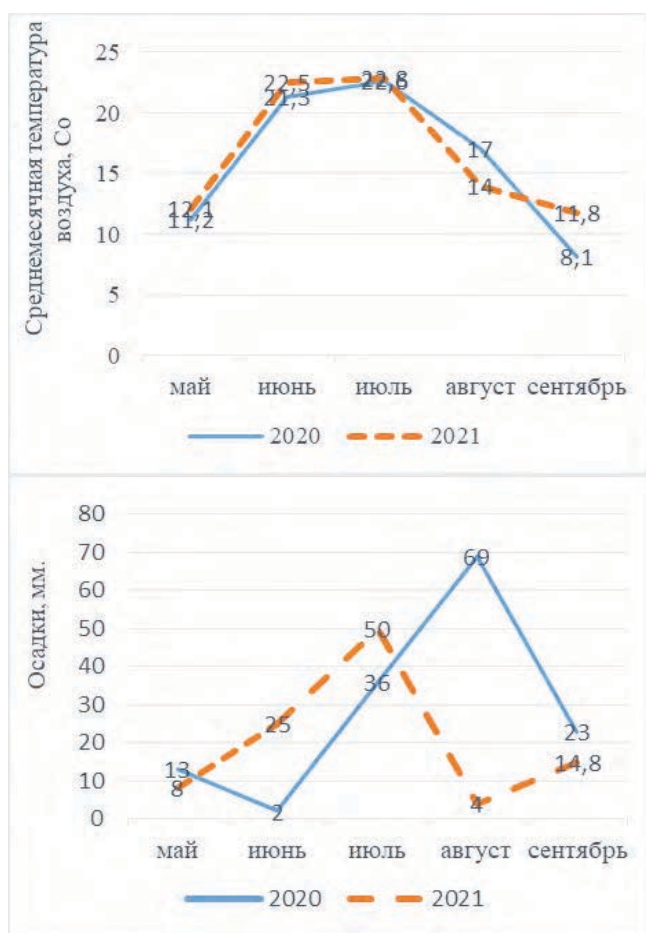


Рис. Метеоусловия Чурапчинского района в годы исследования.

чем, в 2021 г. Поэтому можно предположить, что обильные осадки заложили возобновление вегетативных побегов на следующий год.

На табл. 1. представлены показатели организменных параметров ЦП разных поясов аласов. Ценопопуляции, приуроченные к нижнему, более увлажненному поясу аласа (вблизи озера), продемонстрировали высокие значения как параметров вегетативной сферы (высота особи – 91,9–92,3 см; длина листовых пластинок разных ярусов – 5,1–6,1 см), так и репродуктивной сферы (ПСП = 115,1–143,0). Напротив, особи, расположенные на верхнем поясе, отличались низкими показателями организменных параметров. Так, высота особей верхнего яруса ниже на 20,6 см в 2020 г. и на 27,1 см в 2021 г., длина листовых пластинок меньше, соответственно, на 0,8 и 0,4 см., ПСП на 6,2 и 32,3 по сравнению с особями нижнего пояса аласов. Особи ЦП среднего пояса аласов по показателям морфологических параметров находятся между нижним и верхним поясами аласа. Показатели числа генеративных побегов в 1 особи по поясам почти не отличаются. Однако плотность генеративных особей различается по поясам аласов: максимальна в нижнем поясе и минимальна в верхнем. Так, в 2020 г. плотность стояния особей в ЦП нижнего пояса составляла 23,8 особей /м<sup>2</sup>, в среднем 17,4 и 11,3 особей /м<sup>2</sup> – в верхнем поясе аласов, что в 2,1 раза меньше, чем в ЦП нижнего пояса. Число вегетативных побегов в годы исследования также выше на нижних поясах аласа.

Во всех трех поясах аласа в 2020 г. показатель числа генеративных побегов на особи выше, чем у ЦП 2021 г. Уменьшение показателя можно объяснить тем, что ГТК в 2020 г. выше

Таблица 1

Морфологические параметры особей *Hordeum brevisubulatum* в 2020–2021 гг.

Пояс аласа	Год	Высота особей, см	Число побегов, шт.		Длина, см		ПСП	РСП
			генеративных	вегетативных	2-5-го листьев	соцветия		
Нижний	2020	91,9	1,8	7,7	6,1	6,6	115,1	38,3
	2021	92,3	1,3	18,1	5,1	9,2	143,0	47,6
Средний	2020	75,2	1,4	5,3	5,2	6,0	108,7	36,3
	2021	67,2	1,2	4,9	4,6	6,2	122,3	40,7
Верхний	2020	71,3	1,4	6,7	5,3	5,8	108,9	36,2
	2021	65,2	1,2	9,3	4,7	5,7	110,7	33,7

По морфометрическим показателям особей ЦП разных поясов аласа определили индекс витальности ценопопуляций (IVC). Данный показатель – один из индикаторов уровня жизненного состояния каждой особи в ЦП и всей ЦП в целом. В 2020 г. значения IVC укладываются в диапазоне от 0,958 до 1,087, в 2021 г. IVC варьирует в пределах 0,919–1,184 (табл. 2). В ЦП верхнего и среднего поясов аласа, в 2021 г. показатели IVC незначительно понизились по сравнению с 2020 г., что можно связать с уменьшением ГТК.

Таблица 2

Виталитетная структура и состояние ЦП *Hordeum brevisubulatum* в Чурапчинском районе

Пояс аласа	Годы	IVC	Доля особей по классам виталитета*, %			Тип виталитета ЦП, %	
			<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	Процветающий	Депрессивный
Нижний	2020	1,087	50,0	43,4	6,6	100,0	0,0
	2021	1,184	90,0	10,0	0,0	100,0	0,0
Средний	2020	0,985	21,1	36,7	17,7	100,0	0,0
	2021	0,963	6,6	73,3	20,0	83,3	16,3
Верхний	2020	0,958	16,7	46,7	37,6	50,0	50,0
	2021	0,919	0,0	55,0	45,0	0,0	100,0

\*Примеч.: IVC – индекс виталитета; *a* – особи высшего; *b* – среднего; *c* – низшего класса виталитета.

Распределение особей в ЦП по классам виталитета представлено в табл. 2. Видно, что в ЦП имеются особи всех классов виталитета (*a*, *b*, *c*). Преобладают особи среднего класса виталитета (*b*) и процветающий тип ЦП. Однако за два года мониторинга ЦП по поясам аласов можно выделить следующие моменты. В верхнем поясе аласов в 2021 г. наблюдается полное отсутствие особей *a* класса, увеличение особей *b* и *c* классов в 1,2 раза и, соответственно, снижение показателя IVC по сравнению с более благоприятным 2020 г. Все ЦП в 2021 г. стали депрессивными, тогда как в 2020 г. соотношение процветающих и депрессивных составляло 50 на 50 %. В среднем поясе аласов в 2021 г. также наблюдается уменьшение численности особей *a* класса и увеличение доли особей *b* в 2 раза и *c* в 1,1 раза. В ЦП нижнего пояса аласа в 2020–2021 гг. преобладают особи высшего (соответственно 50 % и 90 %) и среднего (43,4 % и 10,0 %) классов виталитета, в 2021 г. особи низшего класса отсутствуют. Тип виталитета ЦП нижнего пояса аласов в течение 2 лет не меняется, сохраняется как процветающий. Таким образом, 2 года изучения ЦП аласов выявляют тенденцию увеличения особей низшего класса виталитета (*c*) в ЦП среднего и верхнего поясов аласа. Это можно связать, как было указано выше, со снижением ГТК вегетационного сезона 2021 г.

Особь ЦП среднего пояса аласа имеют показатели параметров ниже, чем показатели ЦП нижнего пояса аласа, но выше, чем у ЦП верхнего пояса аласа. Особи ЦП нижнего пояса аласов показали максимальные значения параметров генеративных и вегетативных сфер и относительную независимость от количества осадков. Эти же параметры ЦП среднего и верхнего поясов аласов, напротив, зависят от выпавших за вегетационный период атмосферных осадков.

Изучение виталитетной структуры позволило установить: наиболее процветающими являются ЦП нижнего пояса аласов за счет более влажного местообитания и относительной независимости от осадков. ЦП, произрастающие в верхнем поясе аласов, из-за недостаточного выпадения осадков в 2020 и 2021 гг. (ГТК соответственно, составил 0,58 и 0,39), характеризуются высокими долями низшего класса виталитета и преобладанием депрессивного типа ЦП. ЦП средних поясов аласов относительно однородны. В ЦП преобладают особи средних классов виталитета и процветающий тип ЦП. Но в 2021 г. из-за низкого значения ГТК понизилась жизненность, которая проявляется в увеличении и уменьшении, соответственно, долей особей низшего и высшего классов виталитета. Это доказывает, что ЦП *Hordeum brevisubulatum* адаптированы к ограниченным почвенно-климатическим ресурсам криолитозоны, но наиболее максимально проявляют свои потенциальные возможности роста морфоструктуры в нижних поясах аласа. Таким образом, на виталитетное состояние ЦП в аласах влияет положение ЦП в определенном поясе аласов и увлажненность года.

#### ЛИТЕРАТУРА

Аласные экосистемы: структура, функционирование, динамика / Д.Д. Саввинов и др.; отв. ред. Ю.В. Ревин; Акад. наук Респ. Саха (Якутия), Ин-т приклад. экологии Севера. – Новосибирск: Наука, 2005. – 259 с.

Гоголева П. А., Стручкова С. Г., Федорова Е. Д. Физико-географические условия развития аласных форм рельефа и закономерности распределения растительности // Успехи современного естествознания, 2016. – № 12-2. – С. 368–374.

**Злобин Ю. А.** Принципы и методы изучения ценоотических популяций растений: Учебно-метод пособие. – Казань: Изд-во Казан, ун-та, 1989. – 142 с.

**Злобин Ю. А.** Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. – Сумы: Универ. кн., 2009. – 263 с.

**Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М.** Методы популяционной биологии // Материалы докладов 7 Всерос. популяционного семинара. Ч. 2. – Сыктывкар, 2004. – С. 113–120.

**Ишбирдин А. Р., Ишмуратова М. М., Журнова Т. В.** Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) на территории Башкирского государственного заповедника // Вест. Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского, сер. Биология, 2005. – Вып. 1(9). – С. 85–98.

**Сиротенко О. Д.** Основы сельскохозяйственной метеорологии. Т. 2. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Кн. 1. Математические модели в агрометеорологии. – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. – 136 с.

**Троева Е. И., Зверев А. А., Королюк А. Ю., Черосов М. М.** Экологические шкалы флоры и микобиоты Якутии // Флора Якутии: Географический и экологический аспекты. – Новосибирск: Наука, 2010. – С. 114–150.