

УДК 58.009;58.02;574.3

DOI 10.25587/2222-5404-2024-21-3-18-28

**Мониторинг виталитетного состояния
ценопопуляций *Agrostis diluta* Kurcz.
и *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova
в Центральной Якутии**

В. Е. Кардашевская¹ ✉, Н. Н. Егорова²

¹Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск, Россия

²Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Россия

✉ kardashevskaya_v@inbox.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты мониторинга виталитетного состояния ценопопуляций лугового злака полевицы светлой (*Agrostis diluta* Kurcz.) и степного злака ломкоколосника дернистого (*Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova) в условиях Центральной Якутии. Оценку виталитетного состояния ценопопуляций проводили с использованием индекса качества Q и индекса виталитета ценопопуляций IVC. Установлено, что виталитетная структура ценопопуляций *A. diluta* и *P. caespitosa* в течение 7–16 лет исследования неоднородна и в целом виталитетное состояние изученных ценопопуляций видов неустойчиво. Ведущим фактором, влияющим на уровень жизнестойкости изучаемых видов при слабоумеренном антропогенном воздействии, является водная обеспеченность растений в период вегетации. В неблагоприятные по условиям увлажнения годы (с низким гидротермическим коэффициентом) ценопопуляции характеризуются как депрессивные, в условиях благоприятного увлажнения быстро переходят в процветающий тип. Это адаптивное преимущество характеризует *A. diluta* и *P. caespitosa* как виды, способные к выживанию, самоподдержанию в различных экологических и фитоценотических условиях. На состояние пойменных ценопопуляций *A. diluta* также влияет весеннее половодье. В засушливые годы более продолжительное весеннее половодье благоприятствует виталитету популяций, а в благоприятные годы – не благоприятствует. На виталитетное состояние ценопопуляций обоих дерновинных злаков, резко отличающихся эколого-ценотическими признаками, также влияют особенности формы мезорельефа поймы и склона коренного берега. Сравнение показателей индексов качества и виталитета ценопопуляций по годам выявило их соответствие друг другу и тот же порядок убывания при переходе ценопопуляций из процветающего в депрессивное состояние.

Ключевые слова: *Agrostis diluta* Kurcz., *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova, Центральная Якутия, пойменные луга, степи, ценопопуляция, виталитетное состояние, класс виталитета, индекс качества, индекс виталитета ценопопуляций.

Для цитирования: Кардашевская В. Е., Егорова Н. Н. Мониторинг виталитетного состояния ценопопуляций *Agrostis diluta* Kurcz. и *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova в Центральной Якутии. Вестник СВФУ. 2024, Т. 21, № 3. С. 18–28. DOI: 10.25587/2222-5404-2024-21-3-18-28

Monitoring of vitality status of *Agrostis diluta* Kurcz. and *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova cenopopulations in Central Yakutia

V. E. Kardashevskaya¹ ✉, N. N. Egorova²

¹ M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia,

² Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia

✉ kardashevskaya_v@inbox.ru

Abstract. The article presents the results of monitoring the vitality of coenopopulations of the meadow grass *Agrostis diluta* Kurcz. and the steppe grass *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova in Central Yakutia. The vitality of the coenopopulations was assessed using the quality index Q and the vitality index of coenopopulations IVC. The studies showed that the vitality structure of the *A. diluta* and *P. caespitosa* coenopopulations during 7-16 years of the study is heterogeneous and their vitality is generally unstable. The leading factor influencing the level of vitality of the studied species under mild anthropogenic impact is the water supply of plants during the growing season. In years with unfavourable moisture conditions (high hydrothermal coefficient), the coenopopulations are characterised as depressed, and in conditions of favourable moisture, they quickly transform into a prosperous type. This adaptation characterises these species as species capable of survival and self-sustainment in various ecological and phytocenotic conditions. The state of *A. diluta* coenopopulations is also affected by spring floods. In dry years, a longer spring flood favours the vitality of populations, while in favourable years it does not favour them. The vitality state of the coenopopulations of both tussock grasses, which differ sharply in their ecological and coenotic characteristics, is also influenced by the features of the mesorelief shape of the floodplain and the slope of the native bank. Comparison of the quality and vitality indices of coenopopulations over the years revealed their correspondence to each other and the same order of decrease when coenopopulations transition from a prosperous to a depressed state.

Keywords: *Agrostis diluta* Kurcz., *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova, Central Yakutia, floodplain meadows, steppes, coenopopulation, vitality state, vitality class, quality index, coenopopulation vitality index.

For citation: Kardashevskaya V. E., Egorova N. N. Monitoring of vitality status of *Agrostis diluta* Kurcz. and *Psathyrostachys caespitosa* (Sukaczew) Peschkova cenopopulations in Central Yakutia. *Vestnik of NEFU*. 2024, Vol. 21, No. 3. Pp. 18–28. DOI: 10.25587/2222-5404-2024-21-3-18-28

Введение

Проблемы сохранения биоразнообразия в последние десятилетия приобретают особую актуальность. Важной целью «Национальной стратегии по сохранению биоразнообразия России» [1] является оценка состояния биоразнообразия, его сохранения, восстановления и рационального использования в естественных условиях. Важнейшими первичными объектами сохранения являются особи (организменный уровень) и популяции (популяционный уровень), или популяционно-видовая иерархия, составляющая основу целостности и устойчивости природных экосистем. В Пятом Национальном докладе «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» подчеркивается, что при отсутствии данных о состоянии и изменениях природных систем и в перспективе при отсутствии системы мониторинга возможна дальнейшая деградация биоразнообразия [2].

В криолитозоне растительность более уязвима и медленно восстанавливается после нарушений в результате возрастающей антропогенной трансформации. В Якутии имеется большой ресурсный потенциал в виде естественных кормовых угодий. Пойменные луга являются высокопродуктивными сенокосными и пастбищными угодьями, а степная растительность используется чаще как пастбище. В связи с этим актуальна реальная оценка динамики состояний угодий. Прежде всего необходимо изучить разные аспекты популяционной жизни растений лугов и степей [3, 4] и принять меры по восстановлению и рациональному использованию луговых и степных сообществ. Целью настоящего исследования является проведение мониторинга виталитетного состояния ценопопуляций полевицы светлой (*A. diluta* Kurcz.) и ломкоколосника дернистого (*P. caespitosa* (Sukaczew) Peschkova) в естественных условиях, используя разные методы оценки жизнеспособности ценопопуляций.

Фитоценозы с участием полевицы светлой широко распространены на пойме реки Лены [5, 6]. Произрастают на слабозасоленных и засоленных почвах. Ломкоколосниковые сообщества являются частью экстразональной реликтовой степной растительности Якутии, занесенных в Зеленую книгу Сибири [7]. С этой точки зрения актуально на протяжении длительного времени проследить изменения состояния популяций эдификаторов и доминантов пойменных и степных фитоценозов.

Одним из быстрых объективных индикаторов, отражающих изменения условий местообитания, воздействий стресса, является виталитетное (жизненное) состояние особей и ценопопуляций [8, 9]. Характеристика виталитетного состояния особей и ценопопуляций опирается на комплекс ключевых морфометрических (организменных) параметров.

Материалы и методы исследования

Исследования проводили в пойменных лугах и степях долины Лены в Намском и Хангаласском районах. Работа содержит результаты многолетних исследований по мониторингу двух ценопопуляций двух видов дерновинных злаков.

Полевица светлая (*Agrostis diluta* Kurcz.) – бореальный, луговой рыхлокустовой мезофитный злак. Вид был выделен и описан Е. И. Курченко [10] в качестве самостоятельного вида из *A. stolonifera*. Самостоятельность вида *A. diluta* признана ведущими российскими систематиками семейства Poaceae Barnh. [11, 12]. Вид занимает переходное положение между столонообразующим *A. stolonifera* и длиннокорневищным *A. gigantea* [10, 11, 12]. Согласно базе данных «International Plant Names Index» [13], *A. diluta* является синонимом *A. stolonifera* L. *A. diluta* является одним из доминирующих видов растительных сообществ пойменных лугов Центральной Якутии, является ценным кормовым злаком.

Ломкоколосник дернистый (*Psathyrostachys caespitosa* (Sukacz.) Peschkova) – евроазиатский степной дерновинный ксерофитный злак. В Якутии встречается в полупустынных и настоящих степях на крутых левобережных склонах реки Лены. Ранневесенняя отрастаемость и продолжение вегетации до поздней осени этого ценного кормового злака дают возможность продления пастбищного периода в Якутии на 1–1,5 месяца [14].

По эколого-флористической классификации Браун-Бланке сообщества вида отнесены к классу Cleistogenetea squarrosae, порядку Stipetalia krylovii, союзу Psathyrostachion caespitosa с одной ассоциацией Psathyrostachetum caespitosa [15].

Описания фитоценозов проводили по общепринятым методам геоботаники, экологическая оценка местообитаний ассоциаций проведена по региональным экологическим шкалам [16]. Для характеристики метеоусловий использовали данные Якутского управления гидрометеослужбы. По данным среднесуточной температуры и суммы осадков в период вегетации растений рассчитан показатель обеспечения территории влагой – гидротермический коэффициент (ГТК) [17, 18].

Ценопопуляции изучали по общепринятым популяционно-онтогенетическим методам [3, 4, 8, 19, 20, 21, 22]. В качестве счетной единицы принята особь. Оба изучаемых вида являются по биоморфе моноцентрическими с одним центром закрепления. В каждой ценопопуляции проведен морфологический анализ генеративных побегов 30 средневозрастных генеративных растений. Всего проведено 27–29 измерений и подсчетов морфологических параметров на каждой особи.

По методике, предложенной Ю. А. Злобиным [8], на основе большого набора организменных признаков выявляли виталитетную структуру (уровень жизненности) ценопопуляций. Виталитет ценопопуляции оценивали с помощью двух индексов: критерия качества Q [22] и индекса виталитета IVC [23]. На основе этих индексов определяли типы ценопопуляций: процветающие, депрессивные и равновесные.

Результаты и обсуждение

Исследования ценопопуляций (ЦП) *A. diluta* проводили в течение 7 лет с 2007 по 2013 гг. в двух разнотравно-полевицевых ассоциациях пойменных лугов. Данные участки затапливались ежегодно краткосрочными паводковыми водами, за исключением 2008 и 2012 гг., когда наблюдались более длительные весенние паводки. ЦП 1 располагается на гривном участке в разнотравно-полевицевой ассоциации (А1). В годы исследования травостой А1 густой с общим проективным покрытием (ПП=60–100%). В годы исследования число видов в ассоциациях изменяется в диапазоне 12–33 видов, проективное покрытие *A. diluta* – от 30 до 70%, содоминантами выступают *Festuca rubra* L., *Poa pratensis* L., *Plantago media* L. Участок характеризуется хорошим увлажнением (статус увлажнения – 67,7–72,2), довольно богатыми почвами (статус богатства-засоленности – 10,9–11,5) и слабым выпасом (пастбищная дигрессия – 3,4–3,7).

ЦП 2 располагается на межгравном понижении (ложбине) средней поймы в составе разнотравно-полевицевой ассоциации 2 (А2). Сообщество по сравнению с А1 характеризуется более высоким увлажнением (74,0–75,8), уровнем богатства-засоленности (11,5–12,8) и слабой пастбищной дигрессией (3,4–3,9). Характеризуется густым травостоем (ПП=60–100%) с проективным покрытием *A. diluta* 20–80%, более бедным видовым составом (10–17 видов). Содоминантами *A. diluta* выступают солевыносливые виды *Hordeum brevisubulatum* (Trin.) Link, *Glaux maritima* L. и *Plantago media*.

Ценопопуляции *P. caespitosa* изучены в ассоциациях ломкоколосниковой формации. ЦП 3 находится в Хангаласском районе на длинном безлесном крутом склоне (угол наклона 45°) юго-восточной экспозиции ступенчатого строения из-за микросолифлюкции в *Ephedra monosperma*+*Artemisia frigida*+*P. caespitosa* ассоциации (А3). Площадь ценопопуляции большая.

ЦП 4 находится в Намском районе, севернее от ЦП 3 в 155 км. Степной склон юго-восточной экспозиции крутизной 30°, без ступенек, ценопопуляция располагается в верхней части склона в *Festuca lenensis*+*Carex duriuscula*+*P. caespitosa* ассоциации (А4). Занимает небольшую площадь. Средняя и нижняя часть склона занята лиственничным лесом.

Общее проективное покрытие травостоя в разные годы колеблется в А3 от 20 до 30% и в А4 от 45 до 65%. Однако несомкнутый, сильно изреженный травяной покров А3 ступенчатого склона не уступает по числу видов более густому травостой А4. В целом ломкоколосниковые ассоциации характеризуются исключительной бедностью видового состава и несомкнутостью травяного покрова. Флористический состав ассоциаций в годы исследования (2007–2022 гг.) варьировал в пределах 15–23 видов. В разные годы из состава травостоя выпадал степной краснокнижный луковичный геофит, эфемероид *Gagea pauciflora* Turcz. ex Ledeb. [24]. В годы исследования постепенно снизилось обилие реликтов *Ephedra monosperma* С. А. Мей и *Artemisia frigida* Willd. В ассоциациях А3 и А4 постоянными содоминантами представлены 4 вида: *Carex duriuscula* С. А. Мей., *Festuca lenensis* Drob., *Artemisia commutata* Bess. и *Potentilla bifurca*

Л. Кроме того, в близко расположенных ломкоколосниковых ассоциациях встречаются редкие краснокнижные виды: *Gagea pauciflora*, *Krascheninnikovia lenensis* (Tzvel.) Kumin. и *Elytrigia villosa* (Drob.) Tzvel.

Таким образом, изучение экологических признаков сообществ с участием *A. diluta* выявило приуроченность сообществ к местообитаниям с влажнолуговыми и довольно богатыми почвами со слабым выпасом. ЦП 2 отличается от ЦП 1 более высоким увлажнением и степенью вытаптывания. Местообитания *P. caespitosa* также входят в диапазон довольно богатых почв со слабым выпасом (статус 4,1–4,3), тогда как степень увлажнения находится на градиенте сухолугового увлажнения почвы. Однако ценопопуляции отличаются по типу антропогенного фактора. Если ассоциация А3 в большей степени является пастбищем при отсутствии рекреационной нагрузки, то ассоциация А4 отличается отсутствием пастбищной нагрузки, но ежегодно в весенний и раннелетний период, что совпадает с фенофазами кущения и колошения, интенсивно вытаптывается населением, являясь местом отдыха.

Динамику виталитетного состояния двух природных ценопопуляций *A. diluta* изучали в течение 7 лет путем учета всего комплекса параметров морфологических признаков особей (27 признаков). В 2007–2008 гг. в ЦП 1 существенно высок уровень особей среднего класса виталитета ($b=56,7-80,0\%$), а доля особей высшего (a) класса составляла 3,3% и 20,0% (рис. 1). В 2007 г. на долю особей низшего (c) класса приходится 30,0%, а в 2008 г. они отсутствовали. В связи с этим в эти годы значения индексов виталитета ($IVC=0,927$ и $1,049$) и критерия Q (10,5 и 15,0) высокие, что определило виталитетное состояние ЦП 1 как процветающее. В 2009 г. ценопопуляция представлена особями двух классов виталитета: основа из особей высшего класса (86,7%), остальная часть из особей среднего класса. Как следствие, 2009 г. отличается максимальными значениями IVC и Q (1,306 и 15,0, соответственно). В 2007–2009 гг. ценопопуляция характеризуется как процветающая. В 2010–2011 гг. резко уменьшается доля особей класса a до 6,7–23,3% и увеличивается доля особей класса c до 20,0–60,0%. В 2011 г. ЦП 1 из процветающего типа переходит в категорию депрессивных с низким значением IVC (0,868). В 2012 г. в ценопопуляции наблюдается увеличение доли особей высшего (до 36,7%) и среднего (до 53,3%) классов, в результате его жизненное состояние улучшилось. В 2013 г. состояние ценопопуляции ухудшилось ($IVC=0,863$): увеличилась доля особей класса b (50,0%) и c (46,7%). ЦП 1 вновь перешла в депрессивное состояние.

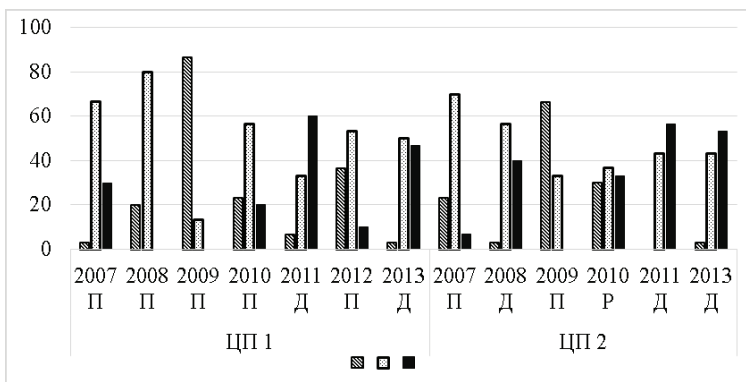


Рис. 1. Характеристика виталитетной структуры ценопопуляций *A. diluta*: по оси абсцисс – годы, П – процветающая ЦП, Д – депрессивная ЦП, Р – равновесная ЦП; a – особи высшего класса виталитета, b – среднего, c – низшего; по оси ординат – доля особей классов виталитета, %

Fig. 1. Characteristics of vitality structure of *A. diluta* cenopopulations: on the abscissa axis - years, П - prosperous ЦП, Д - depressed ЦП, Р - equilibrium ЦП; a - individuals of the highest vitality class, b - middle, c - lowest; on the ordinate axis - proportion of individuals of vitality classes, %

В 2007 г. (начало мониторинга) виталитетная структура процветающей ЦП 2 представлена следующей последовательностью показателей: класс *в* – 70,0%, класс *а* – 23,3 % и класс *с* – 6,7%. Значения *Q* (14,0) и *IVC* (1,054) высокие. В 2008 г. наблюдается резкое ухудшение состояния ЦП 2 до депрессивного типа, вследствие уменьшения доли особей среднего класса виталитета (56,7%) и увеличения доли особей низшего класса (40,0%). Следующий 2009 г. характеризуется высокими показателями *Q* и *IVC*, так как более половины ЦП 2 составляют особи высшего класса (66,7%). Особи низшего класса отсутствовали. ЦП 2 переходит в процветающий тип. В 2010 г. наблюдается равномерное распределение особей по трем классам виталитета, что характеризует ценопопуляцию как равновесную. В последующие 2011 и 2013 гг. наблюдается снижение показателей *Q* и *IVC* вследствие увеличения доли особей среднего и низшего классов. В эти годы сохраняется депрессивный тип ценопопуляции.

Изменение состояния ценопопуляций рассматривали на экоклизе, устанавливаемом по *IVC*, уменьшение показателя которого демонстрирует ряд ухудшений условий роста растений. В ЦП 1 *A. diluta* по градиенту ухудшения условий обитания выстроили ряд: 2009 г. (*IVC*=1,306) – 2012 г. (1,061) – 2008 г. (1,049) – 2010 г. (1,040) – 2007 г. (0,926) – 2011 г. (0,868) – 2013 г. (0,863). В ЦП 2 по ухудшению виталитетного состояния составлен следующий ряд: 2009 г. (*IVC*=1,213) – 2007 г. (1,054) – 2010 г. (0,980) – 2008 г. (0,917) – 2013 г. (0,868) – 2011 г. (0,849).

В целом в течение 7 лет мониторинга ЦП 1 находилась в процветающем состоянии 5 лет (71,4% времени), в депрессивном – 2 года. Состояние ЦП 2 было хуже: 50% времени мониторинга (3 года из 6) находилась в депрессивном состоянии, 2 года – в процветающем и 1 год – в равновесном. Это связано с избытком влаги в ложбине поймы.

Динамику виталитетного состояния двух природных ценопопуляций степного злака *P. caespitosa* изучали в течение 6–16 лет путем учета полного комплекса вегетативных и генеративных параметров (всего 29) морфологической структуры особей. Результаты обследования виталитетного состояния ценопопуляций вида по двум индексам представлены на рис. 2.

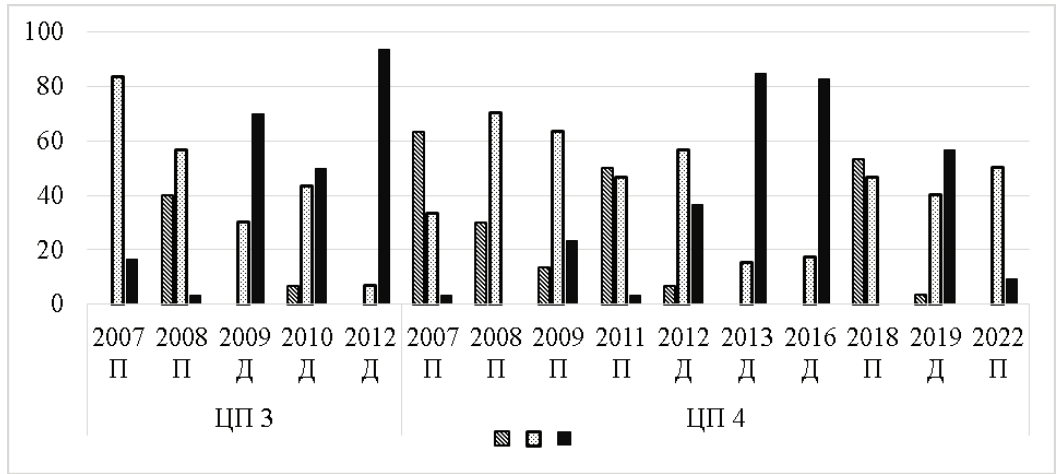


Рис. 2. Характеристика виталитетной структуры ценопопуляций *P. caespitosa*: по оси абсцисс – годы, П – процветающая ЦП, Д – депрессивная ЦП; а – особи высшего класса виталитета, в – среднего, с – низшего; по оси ординат – доля особей классов виталитета, %

Fig. 2. Characteristics of ceonopopulation vitality structure *P. caespitosa*: on the abscissa axis - years, П - prosperous ЦП, Д - depressed ЦП; а - individuals of the highest vitality class, в - middle, с - lowest; on the ordinate axis - share of individuals of vitality classes, %

В ЦП 3, где наблюдения вели в течение 2007–2012 гг., динамика дифференциации на три класса виталитета следующая (рис. 2). Численность особей высшего класса виталитета достигала максимума (40%) в 2008 г. В последующие годы наблюдений доля их резко снижалась от 40% до полного отсутствия. Доля среднеразвитых особей (класс виталитета *в*) в годы наблюдений варьировала сильнее – в диапазоне от 6,7 до 83,3%, при максимумах в 2007–2008 гг. Особи низшего класса виталитета с низкими показателями параметров составляли минимум (3,3%) в 2008 г. Однако с 2009 г. численность особей *с* класса резко увеличивается до 93,3% при снижении доли классов *а* и *в*. Это отразилось на показателях индекса качества. Если в 2007–2008 гг. при максимальном значении индекса Q (12,5–14,5) ЦП 3 оценивали по типу виталитета как процветающую, то в последующие годы (2009–2012 гг.) показатели Q снижаются в 2–3 и более раз (1,0–7,5) и ценопопуляция становится депрессивной.

В ЦП 4 провели более длительный мониторинг динамики виталитетной структуры – с 2007 по 2022 гг. Распределение особей по классам виталитета в ЦП 4, как и в ЦП 3, варьирует в широких диапазонах. Но высокая плотность особей классов виталитета *а* и *в* и соответственно высокий показатель индекса качества сохраняется дольше, в течение 2007–2011 гг. В этот период по типу виталитета ЦП 4 является процветающей. В последующие пять лет (2012–2016 гг.) большая часть особей переходит в угнетенное состояние, увеличивая долю особей с низким виталитетом (класс *с*). Это вызывает снижение индекса качества до 2,0–9,5 и переход ценопопуляции к депрессивному типу. В последующие годы в целом наблюдается тенденция к улучшению состояния ЦП 4.

В ЦП 3 по градиенту ухудшения условий обитания годы онтогенеза *P. caespitosa* выстроились в следующий ряд: 2008 г. (IVC=1,185) – 2007 г. (0,989) – 2010 г. (0,926) – 2009 г. (0,876) – 2012 г. (0,767).

В ЦП 4 экоклин по убыванию IVC по годам представлен в следующем порядке: 2007 г. (IVC=1,256) – 2011 г. (1,183) – 2008 г. (1,132) – 2018 г. (1,077) – 2009 г. (1,039) – 2022 г. (1,014) – 2012 г. (0,959) – 2019 г. (0,813) – 2013 г. (0,783) – 2016 г. (0,780).

В целом в течение многолетнего мониторинга ЦП 3 находилась в процветающем состоянии 5 лет (40,0% времени), в депрессивном – 3 года. Напротив, ЦП 4 60% времени (6 лет из 10) находилась в процветающем состоянии и 4 года в депрессивном.

Индекс виталитета популяции (IVC) – важная характеристика жизненности популяции. Последовательность показателей индекса IVC от максимального до минимального составляет ряд (градиент) ухудшения эколого-фитоценологических условий произрастания растений. В нашем случае градиент ухудшения условий обитания (усиление стресса) можно построить как ряд лет по снижению показателей IVC. Метод оценки жизненности популяции по индексу виталитета привлекает тем, что при благоприятных условиях растения максимально реализуют свои потенциальные возможности и получают наилучшее развитие.

Наиболее благоприятные условия для развития особей *A. diluta* складываются в вегетационные периоды 2007–2009 гг. с недостаточной влагообеспеченностью (ГТК=0,97, 0,80 и 0,97 соответственно). После последовательных благоприятных по увлажненности вегетационных периодов, засушливый 2010 г. не сильно отразился на состоянии ценопопуляций. Однако продолжение засухи в 2011–2012 гг. (ГТК=0,55–0,63) отрицательно повлияло на виталитетное состояние ценопопуляций. Кроме длительной засухи на состояние ценопопуляций негативно повлияла повышенная влагообеспеченность 2013 г. (ГТК=1,42).

Многолетние исследования показали, что на жизненное состояние ценопопуляций *A. diluta* влияют не только погодные условия, но и весеннее половодье. Так, в неблагоприятные засушливые годы более продолжительное весеннее половодье положительно сказывается на состоянии ценопопуляций, а в хорошие по увлажненности годы не благоприятствует.

Сопоставление Q и IVC одних и тех ценопопуляций в динамике показывает аналогичный порядок их убывания или возрастания, т. е. их четкое соответствие друг другу. Так, процветающим ценопопуляциям соответствуют высокие показатели Q (10,5–15,0) и IVC (0,927–1,306), и, напротив, депрессивным – низкие Q (6,0–9,0) и IVC (0,863–0,917).

Было интересно провести интегральный анализ данных за все годы мониторинга для выявления среднего соотношения особей ценопопуляций по классам виталитета. По *A. diluta* выявили, что около половины особей составляют представители класса *в* (в ЦП 1 = 47,2%, ЦП 2 = 51,0%). Другая половина разделена примерно в равных долях на классы *а* (в ЦП 1 = 21,1%, ЦП 2 = 25,2%) и *с* (в ЦП 1 = 23,8, ЦП 2 = 31,7%).

В отличие от *A. diluta* у *P. caespitosa* наблюдается другое соотношение особей разных классов. В ЦП 3 минимальна доля особей высшего класса, составляющая всего 9,3%, тогда как доли особей классов *в* и *с* примерно равны, соответственно 44,0 и 46,7%. В ЦП 4, в которой оценку виталитетного состояния вели более длительный срок (2007–2022 гг.), доля особей класса *а* оказалась в три раза выше, чем в ЦП 3. Половину численности ЦП 4 (52,2%) составляют особи среднего класса, а особи низшего класса – 19,7%. Таким образом, ЦП 4 оценена как процветающая более половины времени (60%) за весь период наблюдений. Сравнение показателей IVC двух ценопопуляций в одни и те же годы также демонстрирует лучшее виталитетное состояние ЦП 4, по сравнению с ЦП 3. Это можно объяснить тем, что при похожей ценотической обстановке в обеих ценопопуляциях (отсутствие конкуренции со стороны других видов), они отличаются спецификой условий местообитания – мезорельефом склонов. Условия произрастания ассоциации А3 с участием ЦП 3 более экстремальны: крутизна склона 45° с сильным поверхностным стоком осадков, склон ступенчатый, солифлюкционного происхождения, юго-восточной экспозиции с высокой инсоляцией и дефицитом влаги. Кроме того, в ЦП 3 выше антропогенное воздействие (выпас), так как *P. caespitosa* характеризуется ранневесенним отрастанием и ломкоколосниковые ассоциации, в том числе А3, в весенне-раннелетний (май–июнь) и осенний сезоны (до снега) более активно используются как пастбище. Также нельзя не учитывать осыпание ступенек при выпасе.

На протяжении всего мониторинга в обеих ценопопуляциях отсутствует равномерное распределение особей *P. caespitosa* по трем классам виталитета, т. е. равновесный тип. Сравнение показателей Q и IVC по годам выявляет их четкое соответствие друг другу и тот же порядок убывания при переходе в депрессивное состояние.

Таким образом, по показателям индексов качества Q и IVC наиболее благоприятные условия вегетации для *P. caespitosa* сложились в 2007–2008, 2018 и 2022 гг., наихудшие – в 2012 и 2016 гг. Это подтверждается метеоданными. Погодные условия 2012 и 2016 гг. характеризуются как очень засушливые с минимальным за все годы наблюдения гидротермическим коэффициентом увлажнения (ГТК=0,54–0,55). Тогда как в 2007–2008 гг. ГТК составил 0,83–0,97, выпало больше осадков и такие условия характеризуются как засушливые (недостаточная влагообеспеченность). Такие же условия были в 2018 г. (ГТК=0,77) и последующие годы.

В годы, когда показатель IVC выше единицы, в нашем случае в диапазоне 0,989–1,256, обе ценопопуляции являются процветающими. Показатели ниже единицы соответствуют депрессивному состоянию.

Таким образом, на динамичность виталитетной структуры ценопопуляций степного злака *P. caespitosa* в первую очередь влияет уровень влагообеспеченности. Оценка виталитетной структуры ценопопуляций *P. caespitosa* показала, что высокий уровень жизненности обеспечили условия 2008, 2009, 2011, 2018, 2022 гг., когда ценопопуляции по данным двух индексов – индекса качества Q и IVC – были в состоянии процветания. В засушливые годы понижается жизненность растений и обе процветавшие ценопопуляции переходят в статус депрессивных.

Заключение

В целом естественная динамика виталитетной структуры ценопопуляций изученных доминирующих злаков лугов и степей отражает влияние условий среды. Исходя из анализа многолетнего мониторинга ценопопуляций лугового злака *A. diluta* и степного *P. Caespitosa*, можно заключить, что первостепенным условием, влияющим на уровень жизнеспособности изучаемых видов при слабоумеренном антропогенном воздействии, является водная обеспеченность растений в период вегетации. Кроме того, виталитетное состояние ценопопуляций обоих дерновинных злаков, резко отличающихся эколого-ценотическими признаками, зависит от орографических факторов, определяющих специфику местообитаний.

Виталитетная структура ценопопуляций лугового злака *A. diluta* и степного *P. caespitosa* в течение многолетнего мониторинга неоднородна и в целом виталитетное состояние изученных ценопопуляций видов неустойчиво. Состояния исследованных ценопопуляций в неблагоприятные по условиям увлажнения годы (с низким ГТК) характеризуются как депрессивные (угасающие), а в условиях благоприятного увлажнения ослабленные ценопопуляции быстро переходят в процветающий тип. Это адаптивное преимущество – временный переход в депрессивное состояние – характеризует *A. diluta* и *P. caespitosa* как виды, способные к выживанию, самоподдержанию в различных экологических и фитоценотических условиях.

В настоящее время виталитетное состояние популяций обоих видов удовлетворительное. В условиях отсутствия катастрофического внешнего воздействия длительное сохранение ценопопуляций изученных видов и фитоценозов с их участием возможно. Однако при постоянном и усиливающемся воздействии антропогенного пресса – главного фактора трансформации естественных луговых и степных фитоценозов – необходим дальнейший мониторинг ценопопуляций видов. *P. caespitosa* можно предложить в качестве индикаторного вида жизненного состояния степных сообществ.

Л и т е р а т у р а

1. Национальная стратегия по сохранению биоразнообразия России. – Москва : РАН, МПР РФ, 2001. – 30 с.
2. Пятый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации». – Москва : Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2015. – 124 с.
3. Ценопопуляции растений (основные понятия) / О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, И. М. Ермакова [и др.]. – Москва : Наука, 1976. – 217 с.
4. Жукова, Л. А. Популяционная жизнь луговых растений / Л. А. Жукова. – Йошкар-Ола : Ланар, 1995. – 224 с.
5. Луга Якутии / В. Н. Андреев, Т. Ф. Галактионова, В. М. Михалева [и др.]. – Москва : Наука, 1975. – 176 с.
6. Кононов, К. Е. Луга поймы реки Лена (Эколого-фитоценотический анализ) / К. Е. Кононов. – Якутск : Кн. изд-во, 1982. – 216 с.
7. Зеленая книга Сибири : редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества / под ред. И. Ю. Коропачинского ; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние, Центр. сиб. ботан. сад, Рос. фонд фундам. исследований. – Новосибирск : Наука ; Сиб. издат. фирма РАН, 1996. – 397 с.
8. Злобин, Ю. А. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений / Ю. А. Злобин. – Казань : Изд-во Казан. университета, 1989. – 146 с.
9. Kovalenko I, Skliar I, Klymenko H, et al. Vitality Structure of the Populations of Vegetative Motile Plants of Forest Ecosystems of the North-East of Ukraine. The Open Agriculture Journal, 2019;13:125-132.
10. Курченко, Е. И. Критические заметки о полевицах группы *A. stolonifera*: новый вид *A. diluta* (Poaceae) / Е. И. Курченко // Бот. журн. – 2002. – Т. 87. – № 5. – С. 115–121.

11. Пробатова, Н. С. Род *A. L.* / Н. С. Пробатова // Флора российского Дальнего Востока. Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока». Т. 1–8. – Владивосток : Дальнаука, 2006. – С. 373–378.
12. Цвелев, Н. Н. Заметки о роде полевица (*Agrostis L.*, Poaceae) в восточной Европе / Н. Н. Цвелев // Новости систематики высших растений. – 2011. – Т. 42. – С. 40–48.
13. International Plant Names Index. (n.d.). –URL: <https://www.ipni.org/n/20009137-1>.
14. Павлов, Н. Е. Интродукция и селекция кормовых трав в Якутии / Н. Е. Павлов, Ф. Г. Томская, Е. П. Софронова // РАСХН. Сиб. Отд-ние. Якут. НИИСХ. – Новосибирск, 2006. – 240 с.
15. Гоголева, П. А. Степи Центральной Якутии / П. А. Гоголева // Флора и растительность Якутии : Сб. науч. ст. Ин-т биол. пробл. криолитозоны. – Москва : ФИПС, 1999. – С. 100–111.
16. Троева, Е. И. Экологические шкалы флоры и микобиоты Якутии / Е. И. Троева, А. А. Зверев, А. Ю. Королюк [и др.] // Флора Якутии : Географический и экологический аспекты. – Новосибирск : Наука, 2010. – С. 114–150.
17. Селянинов, Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г. Т. Селянинов // Мировой агроклиматический справочник. – Ленинград ; Москва : Гидрометеорологическое издательство, 1937. – С. 5–27.
18. Зондзе, Е. К. Моделирование формирования влагообеспеченности территории Европейской России в современных условиях и основы оценки агроклиматической безопасности / Е. К. Зондзе, Т. В. Хомякова // Метрология и гидрология. – 2006. – № 2. – С. 98–105.
19. Работнов, Т. А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т. А. Работнов // Тр. БИН АН СССР. Сер. 3. Геоботаника. – Москва ; Ленинград : Наука, 1950. – Вып. 6. – С. 77–204.
20. Harper J.L. Population biology of plants. London, United Kingdom: Acad. Press, 1977.
21. Ценопопуляции растений (основные понятия) / О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, И. М. Ермакова [и др.]. – Москва : Наука, 1976. – 217 с.
22. Злобин, Ю. А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста / Ю. А. Злобин. – Сумы : Университетская книга, 2009. – 263 с.
23. Ишбирдин, А. Р. Стратегии жизни ценопопуляции *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. на территории Башкирского государственного заповедника / А. Р. Ишбирдин, М. М. Ишмуратова, Т. В. Жирнова // Вестник Нижегородского ун-та им. Н. И. Лобачевского. Сер. Биология, 2005. – Вып. 1 (9). – С. 85–98.
24. Красная книга Республики Саха (Якутия). Т. 1.: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / отв. ред. Н. С. Данилова. – Москва : Реарт, 2017. – 412 с.

References

1. National Strategy for the Conservation of Biodiversity of Russia. Moscow: RAS, MNR RF, 2001:30. (in Russ.)
2. 5th National Report “Conservation of Biodiversity in the Russian Federation”. Moscow: Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation, 2015:124. (in Russ.)
3. Smirnova OV, Zaigolnova LB, Ermakova IM. (ed.) Coenopopulations of plants (basic concepts and structure). Moscow: Nauka, 1976:217. (in Russ.)
4. Zhukova LA. Population Life of Meadow Plants. Yoshkar Ola: Lanar, 1995:224. (in Russ.)
5. Andreev VN, Galaktionova TF, Mikhaleva VM, et al. Meadows of Yakutia. Moscow: Nauka, 1975:176. (in Russ.)
6. Kononov KE. Meadows of the Lena River floodplain (Ecological and phytocenotic analysis). Yakutsk: Kn. izd-vo, 1982:216. (in Russ.)
7. Koropachinsky IY. (ed.) Green Book of Siberia: Rare and Protection Requiring Plant Communities. Novosibirsk: Nauka, 1996:397. (in Russ.)
8. Zlobin YA. Principles and methods of studying coenotic plant populations. Kazan: Publishing house of Kazan University, 1989:146. (in Russ.)
9. Kovalenko I, Skliar I, Klymenko H, et al. Vitality Structure of the Populations of Vegetative Motile Plants of Forest Ecosystems of the North-East of Ukraine. The Open Agriculture Journal, 2019;13:125-132.

10. Kurchenko EI. Critical notes on bents of *A. stolonifera* group: the new species *A. diluta* (Poaceae). Botanical journal, 2002;87(5):115-121. (in Russ.)
11. Probatova NS. Species of *A. L.* Flora of the Russian Far East. Addenda and corrigenda to "Vascular plants of the Soviet Far East". Vladivostok: Dalnauka, 2006;1-8:373-378. (in Russ.)
12. Tzvelev NN. Notes on the genus (*Agrosris L.*, Poaceae) in the Eastern Europe. Novitates Systematicae Plantarum Vascularium, 2011;42:40-48. (in Russ.)
13. International Plant Names Index. (n.d.). Retrieved from <https://www.ipni.org/n/20009137-1>.
14. Pavlov NE, Tomskaya FG, Sofronova EP. Introduction and selection of fodder grasses in Yakutia. M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture. Novosibirsk, 2006:240. (in Russ.)
15. Gogoleva PA. Steppes of Central Yakutia. Flora and vegetation of Yakutia. Moscow: FIPS, 1999:100-111. (in Russ.)
16. Troeva EI, Zverev AA, Korolyuk AYU, et al. Ecological scales of flora and mycobiota of Yakutia. Flora of Yakutia: Geographical and ecological aspects. Novosibirsk: Nauka, 2010:114-150. (in Russ.)
17. Selyaninov GT. Method of agricultural characterization of climate. World agroclimatic directory. Leningrad: Godrometeoizdat, 1937:5-27. (in Russ.)
18. Zoidze EK, Khomyakova TV. Modeling of the water supply formation over European Russia under current conditions and estimating agroclimatic safety. Meteorology and Hydrology, 2006;(2):98-105. (in Russ.)
19. Rabotnov TA. The life cycle of perennial herbaceous plants in the meadow cenoses. Trudy Botanicheskogo Instituta AN SSSR, Geobotanika, 1950;3(6):77-204. (in Russ.)
20. Harper JL. Population biology of plants. London, United Kingdom: Acad. Press, 1977.
21. Smirnova OV, Zaugolnova LB, Ermakova IM, et al. Coenopopulations of plants (basic concepts and structure). Moscow: Nauka, 1976:217. (in Russ.)
22. Zlobin YA. Population ecology of plants: modern state, growth points. Sumy: Universitetskaya Kniga, 2009:263. (in Russ.)
23. Ishbirdin AR, Ishmuratova MM, Zhirnova TV. Life strategies of *Cephalanthera rubra* (L.) Rich. on the territory of the Bashkir State Nature Reserve. Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod, 2005;1(9):85-98. (in Russ.)
24. Danilova NS. (ed.) The Red Book of Republic of Sakha (Yakutia). Rare and threatened species of plants and fungi. Moscow: Reart, 2017;1:412. (in Russ.)

КАРДАШЕВСКАЯ Вилюра Егоровна – к. б. н., доцент ИЕН, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова».

E-mail: kardashevskaya_v@inbox.ru

Vilyura E. KARDASHEVSKAYA – Cand. Sci. (Biology), Assoc. Prof., Institute of Natural Sciences, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University.

ЕГОРОВА Нюргуяна Назаровна – к. б. н., н. с. ФГБУН «Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН».

E-mail: nurne@mail.ru

Nyurguyana N. EGOROVA – Cand. Sci. (Biology), Researcher, Institute for Biological Problems of the Cryolithozone SB RAS.