

11. Experiences on Establishment of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Plantation in Ash Dump Sites of Reftinskaya Power Plant, Russia / Zalesov S. V., Ayan S., Evgenia Z. S. Anton O. S. // *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*. – 2020. – 35 (1). – P 7–14. doi: 10.28955/alinterizbd.696559

12. Isakov S. Yu., Kozhevnikov A. P. Form diversity of sea buckthorn *Hippophae rhamnoides* L. on ash dumps of Reftinskaya SDPP / *Scientific creativity of youth – to the forestry complex of Russia : mater. XIV All-Russian scientific and technical conf.* – Yekaterinburg : Ural state forestry engineering University, 2018 . – P. 460–463.

13. Kozhevnikov A. P., Zalesov S. V. Experience in creating a collection of fruit and decorative crops : monograph. – Yekaterinburg : Ural state forestry engineering University, 2018 . – 206 p.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН».*

УДК 581.522

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ФРАГМЕНТОВ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ *CHAMAECYTISUS RUTHENICUS* (FISCH. EX WOL.) KLASK. В ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ РЕЖЕВСКОГО РАЙОНА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е. А. ТИШКИНА – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент\*,  
e-mail: Elena.MLOB1@yandex.ru;  
тел.: 89022654470  
ORCID: 0000-0001-6315-2878.

А. В. ТИХОНОВ – студент\*

\*ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет,  
620100 Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

**Рецензент:** Петрова Ирина Владимировна, доктор биологических наук, директор ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН».

**Ключевые слова:** *Chamaecytisus ruthenicus*, местообитание, онтогенетическая и популяционная структура, виталитетный спектр, морфометрические показатели.

Статья посвящена комплексной оценке состояния раkitника русского *Chamaecytisus ruthenicus* на основе онтогенетических, популяционных, морфометрических и виталитетных параметров данного вида в природных и антропогенных ландшафтах Режевского района Свердловской области. В индивидуальном развитии *Chamaecytisus ruthenicus* выделены 3 периода и 6 онтогенетических состояний. Характерным типом онтогенетического спектра является одновершинный центрированный спектр. Особенностью в условиях антропогенного воздействия на шлаковом отвале и в водоохраной зоне р. Реж является полное отсутствие прегенеративных особей, о чем свидетельствуют индексы восстановления и замещения. По совокупности всех параметров установлено, что оптимальные условия для существования складываются в природном ландшафте в водоохраной зоне р. Бобровки, несмотря на низкие организменные значения.

Преобладающая часть изученных местообитаний раkitника отличается высокой численностью и неполноценным онтогенетическим спектром, связанным с быстрым отмиранием растений после завершения генеративного периода. По нашим наблюдениям, состояние фрагментов ценопопуляции не только

зависит от эколого-ценотических условий в местообитаниях, но связано в первую очередь с антропогенными воздействиями. Отсутствие антропогенного влияния способствует увеличению плотности особей в ценопопуляции, и за счет регулярной смены поколений ракитник русский способен удерживать занятую им территорию.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE STATE OF FRAGMENTS COENOPOPULATIONS OF *CHAMAECYTISUS RUTHENICUS* (FISCH. EX WOL.) KLASS. IN NATURAL AND ANTHROPOGENIC LANDSCAPES OF THE REZHEVSKY DISTRICT OF SVERDLOVSK REGION

E. A. TISHKINA – candidate of agricultural Sciences, associate Professor

Elena.MLOB1@yandex.ru,

phone: 8-902-265-44-70

ORCID: 0000-0001-6315-2878

A. V. TIKHONOV – student\*

\* FSBEE HE «Ural state forest engineering university»,

620100, Russia, Yekaterinburg, Siberian tract, 37

**Reviewer:** Petrova Irina Vladimirovna, doctor of biology sciences, director of Institute Botanic Garden UB of RAS.

**Keywords:** *Chamaecytisus ruthenicus*, habitat, ontogenetic and population structure, vital spectrum, morphometric indicators.

The article is devoted to a comprehensive assessment of the condition of *Chamaecytisus ruthenicus* on the basis of ontogenetic, population, morphometric and vital parameters of this species in natural and anthropogenic landscapes of the Rezhovsky district of the Sverdlovsk region. There are 3 periods and 6 ontogenetic States in the individual development of *Chamaecytisus ruthenicus*. A characteristic type of ontogenetic spectrum is a single-vertex centered spectrum. Especially in the conditions of anthropogenic impact on the slag dump and in the water protection zone of the river. However, we can distinguish the complete absence of pregenerative individuals, as evidenced by the recovery and replacement indices. Based on the totality of all parameters, it was found that the optimal conditions for existence are formed in the natural landscape in the water-protected zone of the Bobrovka river, despite the low organizational values.

The predominant part of the studied *Chamaecytisus ruthenicus* habitats are characterized by a high number and incomplete ontogenetic spectrum associated with the rapid death of plants after the generative period. According to our observations, the state of coenopopulation fragments not only depends on the ecological and coenotic conditions in the habitats, but is primarily associated with anthropogenic impacts. The absence of anthropogenic influence contributes to an increase in the density of individuals in the coenopopulation and due to the regular change of generations, the *Chamaecytisus ruthenicus* is able to hold the territory occupied by it.

### Введение

В крупных промышленных регионах к актуальным проблемам относится снижение негативного влияния техногенных ландшафтов, в том числе промышленных отвалов, на окружающую среду. Одним из наиболее эффективных

методов решения данной проблемы является восстановление растительного покрова на нарушенных территориях. Изучение адаптивного потенциала видов, способных естественным путем заселять данные ландшафты, представляет научную основу

для разработки эффективных методов формирования устойчивых растительных сообществ на техноземах [1]. Объектом изучения выбран ракитник русский неслучайно. Он имеет обширный ареал и является пионерным растением, заселяющий все свободные

участки, в том числе и антропогенные ландшафты [2, 3].

### Цель, методика и объекты исследования

Целью данной работы является комплексная оценка состояния ракутника русского в природных и антропогенных ландшафтах.

Исследования проведены на территории Режевского района

Свердловской области (57°22'12" N 61°24'15" E). В процессе исследования изучены шесть фрагментов ценопопуляции (ФЦП) *Chamaecytisus ruthenicus* (табл. 1) в трех местообитаниях – шлаковом отвале ЗАО «ПО „Реж-никель“» (антропогенный ландшафт), водоохранной зоне р. Реж (переходный экотоп) и водоохранной зоне р. Бобровка

(природный ландшафт). Для характеристики фрагментов ценопопуляций применяли стандартные методики [4–10]. Анализировали состояния ракутника по онтогенетическим и виталитетным спектрам, а также применяли комплексное исследование на основе организменных и популяционных признаков особей [11].

Таблица 1

Table 1

Характеристика фрагментов ценопопуляции *Chamaecytisus ruthenicus* в Режевском районе Свердловской области  
Characteristics of fragments of the coenopopulation *Chamaecytisus ruthenicus* in the Rejevsky district of the Sverdlovsk region

| Номер фрагмента ценопопуляции<br>The number of the fragment<br>cenopopulations | Характеристика местообитания<br>Habitat characteristics   | Фрагменты ценопопуляции,<br>Fragments of the coenopopulation |  |  |   |   |  |                               |                              |                            |                    |
|--|---|--|--|--|---|---|--|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------|
|  |   | Общая плотность,<br>шт./га<br>Total density,<br>units/ha     | Индекс виталитета, %<br>The index of vitality, % | Морфометрические показатели<br>Morphometric indicators |   |   | Онтогенетические параметры<br>Ontogenetic parameters |                               |                              |                            |                    |
|  |   |  |  | Высота, м<br>Height, m                                 | Площадь проекции кроны, м <sup>2</sup><br>Crown projection area, m <sup>2</sup> | Объем кроны, м <sup>3</sup><br>Crown volume, m <sup>3</sup> | Индексы<br>Indexes                                   |                               |                              |                            |                    |
|  |   |  |  |  |   |   | возрастности<br>ages                                 | эффективности<br>efficiencies | восстановления<br>recoveryes | замещения<br>substitutions | старения<br>agings |
| 1  | Шлаковый отвал никелевого производства ЗАО «Реж-никель»<br>Slag dump of Nickel production of JSC «Rezhnickel» | 612  | 55   | 0.58±0.03  | 0.27±0.05   | 0.06±0.01   | 0.68   | 0.67                          | 0                            | 0                          | 0.3                |
| 2  |   | 580  | 45   | 0.59±0.03  | 0.21±0.04   | 0.05±0.01   | 0.73   | 0.71                          | 0                            | 0                          | 0.26               |
| 3  | Водоохранная зона р. Реж<br>Water protection zone of the river Dir  | 688  | 77   | 0.57±0.04  | 0.19±0.05   | 0.05±0.02   | 0.46   | 0.93                          | 0                            | 0                          | 0.03               |
| 4  |   | 665  | 78   | 0.54±0.03  | 0.15±0.03   | 0.03±0.01   | 0.50   | 0.88                          | 0                            | 0                          | 0.03               |
| 5  | Водоохранная зона р. Бобровка<br>Bobrovka river water protection zone   | 837  | 89   | 0.55±0.03  | 0.09±0.02   | 0.02±0.01   | 0.40   | 0.85                          | 0.15                         | 0.15                       | 0                  |
| 6  |   | 821  | 86   | 0.51±0.03  | 0.10±0.03   | 0.02±0.01   | 0.45   | 0.89                          | 0.11                         | 0.11                       | 0                  |

### Результаты исследования и их обсуждение

В районах исследования раKITник русский представлен невысокими (до 0,59 м), но довольно раскидистыми кустами с проекцией кроны до 0,27 м<sup>2</sup> и объемом до 0,06 м<sup>3</sup>. Корреляционный анализ показал, что при снижении численности особей увеличиваются морфометрические показатели раKITника. По высоте коэффициент корреляции составляет  $r = -0,77$ , площади  $r = -0,88$  и объема кроны  $r = -0,85$ ,  $p < 0,05$ .

Чем выше значения морфометрических показателей, тем ниже их жизненное состояние. Положительная корреляция наблюдается у плотности раKITника с их виталитетностью ( $r = 0,90$ ,  $p < 0,05$ ), что говорит о возрастании данного признака как увеличении жизнестойкости особей. Плотность фрагментов варьирует от 580 до 837 экз./га в зависимости от местообитаний. Самые низкие показатели по численности особей (580–612 шт.) и индексу виталитета (45–55 %)

установлены на шлаковом отвале ЗАО «ПО „Режникель“». По жизненному состоянию данного местообитания особи раKITника относятся к сильноповрежденным. Противоположная ситуация наблюдается в водоохранной зоне р. Бобровки, отсутствие антропогенной нагрузки способствует увеличению плотности фрагмента (821–837 шт.), а по жизненному состоянию особи раKITника относятся преимущественно к здоровым растениям (86–89 %).

В онтогенетической структуре установлены три периода и шесть состояний (рис. 1).

Все фрагменты являются неполноценными, так как отсутствуют особи различных возрастных состояний. Характерной особенностью в условиях антропогенного воздействия на шлаковом отвале и в водоохранной зоне р. Реж можно выделить полное отсутствие прегенеративных особей. Во всех местообитаниях сформирован одновершинный центрированный спектр, в ФЦП 1, 2 максимум приходится на старовозрастные особи (53,3–56,6 %), в остальных фрагментах – на средневозрастные растения (53,3–73,3 %). Оценка по классификации «дельта-омега» Л. А. Животовского показала, что в антропогенном ландшафте фрагменты ценопопуляции относятся к стареющим, это подтверждают индексы восстановления, замещения и старения (рис. 2).

Фрагменты ценопопуляции, растущие в природном ландшафте, определены как зрелые с низким индексом восстановления и замещения, что говорит

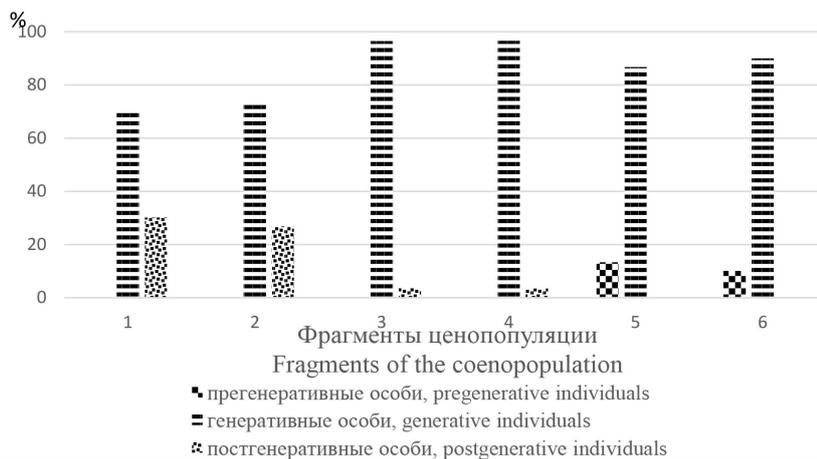


Рис. 1. Онтогенетические спектры фрагментов ценопопуляции *Chamaecytisus ruthenicus*

Fig. 1. Ontogenetic spectra of fragments of the coenopopulation *Chamaecytisus ruthenicus*

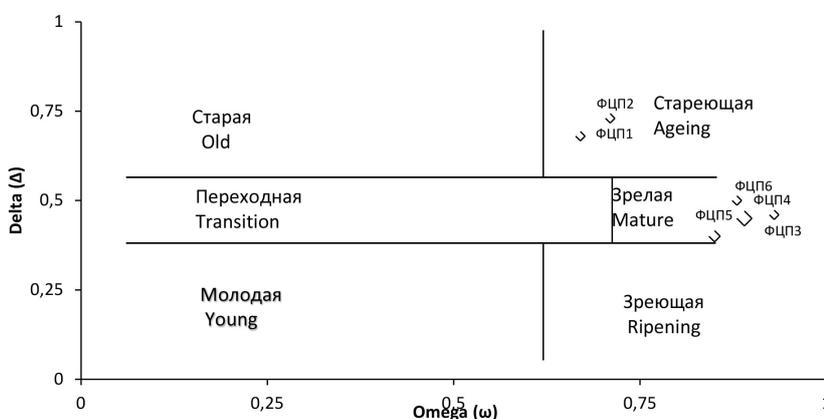


Рис. 2. Распределение фрагментов ценопопуляции *Chamaecytisus ruthenicus* в координатах «дельта-омега»

Fig. 2. Distribution of fragments of the *Chamaecytisus ruthenicus* coenopopulation in the «Delta-omega» coordinates

о слабом восстановительном процессе, несмотря на высокую плотность рачитника.

Оценка состояния фрагментов ценопопуляции по совокупности организменных признаков показала, что наибольшие значения по сумме баллов установлены у рачитника, растущего на шлаковом отвале (ФЦП 1, 2) (15–13 баллов) (рис. 3, табл. 2).

Самые низкие значения имели фрагменты ценопопуляции, произрастающие в водоохранной зоне р. Бобровки (4–5 баллов). Остальные местообитания характеризуются промежуточным положением (8–11 баллов). По совокупности популяционных признаков наибольшее значение по сумме баллов (25 балла) отмечено в ФЦП 5 в водоохранной

зоне р. Бобровки, а самые низкие – в местообитаниях на шлаковом отвале ФЦП 2 (4 балла).

По совокупности всех параметров установлено, что оптимальные условия для существования складываются в природном ландшафте в водоохранной зоне р. Бобровки, несмотря на низкие организменные значения.

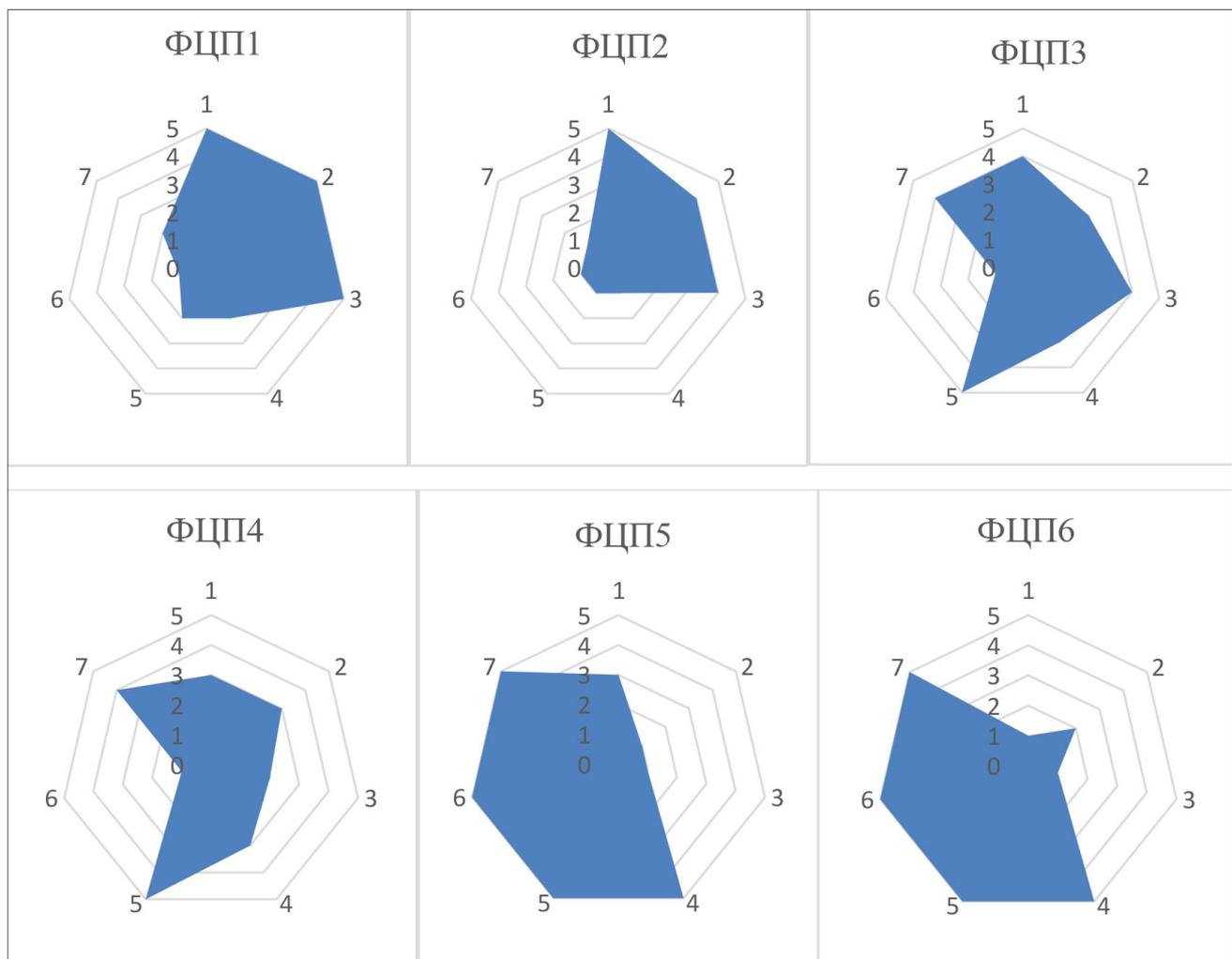


Рис. 3. Оценка состояния фрагментов ценопопуляции *Chamaecytisus ruthenicus* (в баллах).

Организменные признаки: 1 – высота растения; 2 – площадь проекции кроны; 3 – объем кроны.

Популяционные признаки: 4 – общая плотность особей; 5 – доля  $g_1-g_2$ ; 6 – доля  $v$ ; 7 – индекс виталитета; 1–5 – баллы

Fig. 3. Assessment of the state of fragments of the *Chamaecytisus ruthenicus* coenopopulation (in points).

Organizational characteristics: 1 – plant height; 2 – crown projection area; 3 – crown volume.

Population characteristics: 4 – density of individuals; 5 – share of  $g_1-g_2$ ; 6 – share of  $v$ ; 7 – vitality index; 1–5 – points

Таблица 2

Table 2

Балловые оценки величины признаков *Chamaecytisus ruthenicus*  
Score estimates of the value of features *Chamaecytisus ruthenicus*

| Признак<br>Sign   | Балл<br>Points |             |             |             |            |
|---|----------------|-------------|-------------|-------------|------------|
|   | 1              | 2           | 3           | 4           | 5          |
| Организменные признаки особей<br>Organizational characteristics of individuals  |                |             |             |             |            |
| Высота растений, м<br>Plant height, m   | < 0,51         | 0,52–0,53   | 0,54–0,55   | 0,56–0,57   | 0,58–0,59  |
| Площадь проекции кроны, м <sup>2</sup><br>Crown projection area, m <sup>2</sup> | < 0,09         | 0,10–0,14   | 0,15–0,19   | 0,20–0,24   | 0,25–0,29  |
| Объём кроны, м <sup>3</sup><br>Crown volume, m <sup>3</sup>                     | < 0,02         | 0,021–0,03  | 0,031–0,04  | 0,041–0,05  | 0,051–0,06 |
| Популяционные признаки<br>Population characteristics                            |                |             |             |             |            |
| Общая плотность, шт./га<br>Total density, units/ha                              | < 580          | 580,1–644,3 | 644,4–708,6 | 708,7–772,9 | 773–837,2  |
| Доля g1–g2, %<br>Share g1–g2, %   | < 16,2         | 16,3–34,2   | 34,3–52,2   | 52,3–70,2   | 70,2–89    |
| Доля v, %<br>Share v, %   | < 0            | 0,1–3,4     | 3,5–6,7     | 6,8–10      | 10,1–13,3  |
| Индекс виталитета, %<br>The index of vitality, %                                | < 45           | 46–56       | 57–67       | 68–78       | 79–89      |

### Выводы

Преобладающая часть изученных местообитаний ракитника отличается высокой численностью и неполночленным онтогенетическим спектром, связанным с быстрым отмиранием растений после заверше-

ния генеративного периода. По нашим наблюдениям, состояние фрагментов ценопопуляции не только зависит от эколого-ценотических условий в местообитаниях, но и связано в первую очередь с антропогенными воздействиями.

Отсутствие антропогенного влияния способствует увеличению плотности особей в ценопопуляции, и за счет регулярной смены поколений ракитник русский способен удерживать занятую им территорию.

### Библиографический список

1. Калашникова И. В., Мигалина С. В., Евстюгин А. С. Морфология листа и продукционные параметры берез в естественных и искусственных ценозах на золоотвале ТЭС // Биологическая рекультивация нарушенных земель : матер. X Всерос. науч. конф. с междунар. участием. – Екатеринбург, 2017. – С.132–138.
2. Соколов П. Д. Растительные ресурсы СССР. – Л. : Наука, 1987. – 326 с.
3. Тишкина Е. А. Биологические особенности ракитника русского *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask в Керженском заповеднике // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2020. – № 2 (59). – С.153–159.
4. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
5. Глотов Н. В. Об оценке параметров возрастной структуры популяций растений // Жизнь популяций в гетерогенной среде. – 1998. – Ч. 1. – С. 146–149.

6. Животовский Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. – 2001. – № 1. – С. 3–7.
7. Жукова Л. А. Внутрипопуляционное биоразнообразие травянистых растений // Экология и генетика популяций. – 1998. – С. 35–47.
8. Работнов Т. А. Вопросы изучения состава популяции для целей фитоценологии // Проблемы ботаники: сб. статей. – М., 1950. – Вып. 1. – С. 465–483.
9. Популяционная организация растительного покрова лесных территорий (на примере широколиственных лесов европейской части СССР) / О. В. Смирнова, А. А. Чистякова, Р. В. Попадюк [и др.]. – Пушкино : Пушкинский научный центр РАН, 1990. – 92 с.
10. Уранов А. А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биол. науки. – 1975. – № 2. – С. 7–34.
11. Тишкина Е. А, Абрамова Л. П. Состояние ценопопуляции лекарственного вида *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask в Уктусском лесопарке г. Екатеринбурга // Известия ОГАУ. – 2020. – № 3 (83). – С. 132–137.

#### Bibliography

1. Kalashnikova I. V., Migalina S. V., Evstyugin A. S. Leaf Morphology and production parameters of birch trees in natural and artificial cenoses at the TPP ash dump // Biological recultivation of disturbed lands : materials X vseros. scientific conf. with Intern. – Yekaterinburg, 2017. – P. 132–138.
  2. Sokolov P. D. Plant resources of the USSR. – Leningrad : Nauka, 1987. – 326 p.
  3. Tishkina E. A. Biological features of *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask in the Kerzhensky nature reserve // Bulletin of the Buryat State agricultural Academy named After V. R. Filippov. – 2020. – №2(59). – P. 153–159.
  4. Alekseev V. A. Diagnostics of the vital state of trees and stands // Forest science. – 1989. – № 4. – P. 51–57.
  5. Glotov N. V. On the assessment of parameters of the age structure of plant populations // Life of populations in a heterogeneous environment. – Part 1. – 1998. – P. 146–149.
  6. Zhivotovsky L. A. Ontogenetic States, effective density and classification of plant populations // Ecology. – 2001. – № 1. – P. 3–7.
  7. Zhukova L. A. Intrapopulation biodiversity of herbaceous plants // Ecology and genetics of populations. – 1998. – P. 35–47.
  8. Rabotnov T. A. Questions of studying the composition of the population for the purposes of phytocenology // Problems of botany: collection of articles. – Moscow, 1950. – Vol. 1. – P. 465–483.
  9. Population organization of vegetation cover of forest territories (for example, broad-leaved forests of European part of USSR) / Smirnova O. V., Chistyakova A. A., Popadyuk, R. V. [and others]. – Pushchino: Pushchino research center RAS, 1990. – 92 p.
  10. Uranov A A Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes // Biol. nauki. – 1975. – № 2. – P. 7–34.
  11. Tishkina E. A, Abramova L. P. The state of the cenopopulations of medicinal species *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wol.) Klask in Uktusky forest Park Yekaterinburg // News of OGAU. – 2020. – № 3 (83). – P. 132–137.
- 
-