

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Государственное бюджетное нетиповое общеобразовательное учреждение
Пензенской области «Губернский лицей»

**ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИИ РЯБЧИКА РУССКОГО
(FRITILLARIA RUTHENICA WIKSTR) В ПОЙМЕ Р.
УЗЫ (ЛОПАТИНСКИЙ РАЙОН ПЕНЗЕНСКОЙ
ОБЛАСТИ)**

Работу выполнила:
Храмова Мария Александровна
ученица 10хб класса

Научный руководитель:
Суханова Елена Викторовна,
учитель биологии высшей категории

Пенза, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. ОПИСАНИЕ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ FRITILLARIA RUTHENICA WIKSTR (обзор литературы)	4
1.1. Особенности биологии и экологии <i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr.....	4
1.2. Особенности онтогенеза <i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr.....	5
ГЛАВА II. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	6
ГЛАВА 3. ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ РЯБЧИКА РУССКОГО В ПОЙМЕ Р. УЗЫ (экспериментальная часть)	8
3.1. Фитоценотические особенности <i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr в пойме р. Узы	8
3.2. Внутрипопуляционная неоднородность <i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr в пойме р. Узы.	11
3.3. Экологическая плотность и онтогенетический спектр <i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr в пойме р. Узы.....	11
ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ВЫВОДЫ.....	13
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	14
ПРИЛОЖЕНИЯ	16

ВВЕДЕНИЕ

Fritillaria ruthenica Wikstr – чрезвычайно уязвимый вид современной биосферы. Это редкое растение нашей страны, включённое в Красную книгу РФ [13] со статусом III. Большинство местообитаний этого лесостепного эндемика СНГ уничтожены в результате распашки степей и лугов, чрезмерного выпаса, палов. Как опушечный вид, в том числе в пойменных лесах, *F. ruthenica* остро реагирует на любые виды деятельности человека в этих экосистемах. До 2020 г. на территории Пензенской области было известно о 20-ти местообитаниях *F. ruthenica* [16], однако благодаря энтузиастам, неравнодушным исследователям – любителям природы Лопатинского района, было обнаружено новое для области местообитание *F. ruthenica* (первое и пока единственное в Лопатинском районе). Каждая такая находка – огромная ценность, поэтому изучение неизвестной ранее ценопопуляции *F. ruthenica* – чрезвычайно важная задача для сохранения редкого вида.

В связи с этим, **цель работы:** изучить демографические показатели и фитоценотическую приуроченность ценопопуляции *F. ruthenica* в пойме р. Узы в пределах вновь обнаруженного местообитания в Лопатинском районе Пензенской области.

Задачи:

1. По литературным данным выявить особенности биологии и экологии *F. ruthenica*; освоить методы изучения растительных сообществ и популяций, методы математической обработки полученных данных.
2. Установить фитоценотическую приуроченность *F. ruthenica* на юго-востоке Пензенской области.
3. Выявить внутривидовую неоднородность ценопопуляции *F. ruthenica* в пойме р. Узы и дать характеристику лесному и степному экоэлементу.
4. Изучить демографические показатели ценопопуляции *F. ruthenica*.
5. На основе полученных данных оценить состояние популяции *F. ruthenica* и предложить рекомендации для разработки мероприятий по охране вида в условиях Пензенской области.

В этой связи **объект** нашего исследования – рябчик русский (*Fritillaria ruthenica*).

Предмет исследования: демографические показатели ценопопуляции рябчика русского в пойме р. Уза.

Гипотеза: в связи с экологической неоднородностью места обитания, для рябчика русского будет характерна внутривидовая неоднородность.

Теоретическая значимость: изучение нового места распространения краснокнижного вида *F. ruthenica* и его фитоценотической приуроченности.

Практическая значимость: данная работа заложила основу мониторинга состояния данной ценопопуляции и положила начало интродукции вида на пришкольном участке МБОУ СОШ; результаты работы будут использованы при ведении Красной книги Пензенской области, а также могут быть использованы при разработке рекомендаций по охране вида в условиях Пензенской области.

ГЛАВА 1. ОПИСАНИЕ БИОЛОГИИ И ЭКОЛОГИИ *FRITILLARIA RUTHENICA* WIKSTR (обзор литературы)

1.1. Особенности биологии и экологии *Fritillaria ruthenica* Wikstr

F. ruthenica – травянистый луковичный поликарпик, геофит, эфемероид. Ещё в 60–70 гг. был обычен для флоры СССР в пределах ареала распространения [6]. С тех пор численность его настолько сократилась, что потребовалось внесение его в **Красную книгу РФ** (категория и статус 3б – редкий вид) [12]. Распространение в пределах России показано в приложении 8.

Для **Пензенской области** известно около 20 местообитаний (рис. 2): вид отмечен для Белинского, Городищенского, Колышлейского, Малосердобинского, Неверкинского, Никольского, Пачелмского, Пензенского, Сердобского, Тамалинского, Шемышейского районов [15]. (Приложение 9)

Ведется научная **работа по интродукции** рябчиков как редких растений, с целью сохранения генофонда в условиях культуры, а также подбор видов, сочетающих в себе высокие декоративные качества с устойчивостью в условиях антропогенно трансформированной среды для нужд зелёного строительства [1, 8, 9].

Особенности биологии. *F. ruthenica* – луковичный эфемероид. Стебель тонкий, высотой до 30–50 см. Листья линейно-ланцетные, верхние сближены и видоизменены в спирально закрученный усик. Цветки крупные, поникающие, собраны в 1–5-цветковую редкую кисть. Околоцветник простой, венчикообразный из 6 темно-фиолетовых или бордовых листочков с неясным шахматным рисунком Плод – коробочка [4].

Особенности экологии и фитоценологии. *F. ruthenica* – ксеромезофит, приурочен к кустарниковым и разреженным лесным сообществам, лугам и степям. Требователен к плодородию почвы, в основном использует атмосферную влагу [3]. Растет на почвах с близким залеганием карбонатов. Не выдерживает чрезмерного затенения и задержания почвы. Цветет в конце апреля – мае. Рост листьев начинается во второй декаде апреля и продолжается до второй декады мая. Продолжительность вегетации *F. ruthenica* в разные возрастные периоды от 30 до 80 дней. В зависимости от сроков и времени оттаивания почвы колебания между сроками начала вегетации в отдельные годы могут достигать 20–22 дня.

В период летнего покоя сохраняется только луковица. Основным способом возобновления *F. ruthenica* – семенами. Вегетативное размножение луковицами происходит в природе редко и не играет существенной роли в поддержании численности популяции.

1.2. Особенности онтогенеза *Fritillaria ruthenica* Wikstr

Онтогенез описан из природных популяций на территории Приокско-Террасного заповедника в Московской области [3, 5], а также при культивировании на территории г. Уфа [9].

I. Латентный период характеризуется глубоким покоем зародыша, так как он недоразвит, поэтому прорастание замедленное. В культуре для них необходим сначала тёплый, а затем холодный период стратификации. Во время тёплого периода (оптимум 10–12°C) происходит доразвитие зародыша. Поэтому и посев в грунт рекомендуется в начале августа, при этом наблюдается лучшая всхожесть следующей весной.

II. Прегенеративный период. Прорастание наземное. **Проростки** – растения с единственной семядолью – развиваются в течение всего первого года жизни – 30–40 дней у *F. ruthenica*. За это время в почве на глубине 1–1,5 см формируется луковичка из основания семядольного листа [9].

В **ювенильное** состояние растения вступают на второй год жизни. Побег образован единственным настоящим длинночерешковым листом длиной 2,4–7,5 см (в среднем $5,2 \pm 0,7$ см) и шириной 0,3–0,9 см (в среднем $0,5 \pm 0,1$ см). Ювенильное состояние продолжается у *F. ruthenica* 40–50 дней. К концу второго вегетационного периода на глубине 2–3 см формируется луковичка, состоящая из двух сочных чешуй – в основании семядольного листа (с прошлого года), и в основании настоящего листа.

Имматурное возрастное состояние одни авторы не выделяют [12]. Башкирские исследователи отмечают, что на третий год растения переходят к имматурному возрастному состоянию и описывают его как удлинённый побег высотой 10–15 см, несущий 2–4 листа. Обычно у растений подобной жизненной формы и конкретно у представителей рода *Fritillaria* удлинённый побег – это признак перехода к виргинильному возрастному состоянию. Трудности с диагностикой имматурного состояния, то есть выявлением отличительных черт, позволяющих достоверно обособить его от ювенильного, уже ранее были описаны в литературе для *F. pyrenaica* и *F. pallidiflora* и связаны с стремительным развитием этих эфемероидов. Поэтому скорее всего имматурное возрастное состояние особи проходят в оптимальных условиях на 2 году жизни, а на 3 переходят к виргинильному состоянию, формируя удлинённый побег. В менее благоприятных условиях переход к v-состоянию может наблюдаться только на 5 год.

Виргинильные особи описывают как растения с удлинёнными побегами, некоторые авторы подразделяют это возрастное состояние на 2 подгруппы: v_1 – имеют 2 – 4 листа длиной 12–27 см (в среднем $17,3 \pm 4,5$ см), и v_2 – отличаются большей высотой и числом листьев 5–10 [3].

Переход к **генеративному** возрастному состоянию наблюдается на 4–5 году жизни. При этом формируются чаще всего неветвящиеся побеги высотой у $26,7 \pm 0,3$ – $34,8 \pm 0,6$ см в зависимости от погодных условий. В отдельные годы на побегах формируется по 1 цветку, в более благоприятные 2 и реже 3, таким образом среднее количество цветков на побеге увеличивается до $1,3 \pm 0,1$ см. Диаметр цветка $2,7 \pm 0,3$ см [9]. В природных сообществах изредка – до 7 цветков.

Изучена **семенная продуктивность** в условиях культуры: число семян в коробочке $101,0 \pm 3,2$, в расчёте на одну особь $122,2 \pm 6,4$. Число семян в коробочке $85,8 \pm 4,0$, в расчёте на особь $103,8 \pm 8,2$. Таким образом, процент семенификации 85% [9].

ГЛАВА II. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения нового местообитания *F. ruthenica* была предпринята экспедиция 14 мая 2024 г. в Лопатинский район. Район исследования расположен на правом берегу р. Узы. Ближайший населённый пункт – с. Николаевка (в 3,5 км по прямой к северо-западу). (Приложение 7)

Территория представляет собой участок притеррасной поймы с обилием стариц. По западному берегу одного из таких старичных рукавов и были заложены 13 учётных площадей (УП) площадью 1×1 м (1 м^2). Для определения фитоценотической приуроченности рябчика русского на каждой УП было выполнено полное геоботаническое описание по традиционной методике: определено общее проективное покрытие (ОПП), проективное покрытие по хозяйственно-биологическим группам (деревья и кустарники, злаки и осоки, бобовые и разнотравье), а также отмечалось проективное покрытие каждого вида. Для УП, находившихся в лесном сообществе, дополнительно характеризовали видовой состав древесного и кустарникового ярусов. Принадлежность фитоценоза к растительной ассоциации определяли на основании эколого-фитоценотической классификации растительности на доминантной основе.

На тех же учётных площадях изучали демографические характеристики ценопопуляции: экологическую плотность (общее число особей всех возрастных состояний на единицу площади), онтогенетическую структуру (вклад особей каждого возрастного состояния).

Диагностика онтогенетических состояний проводилась в соответствии с работой [3, 10]. Для этого у каждой особи определяли длину и ширину листа, количество листьев (для ювенильных (j) и имматурных (im) особей), а также высоту удлинённого побега (у виргинильных (v) и генеративных (g) особей). Для g-особей также подсчитывали число цветков и плодов на растении. Коэффициент плодообразования рассчитывали, как отношение числа плодов на разной стадии созревания к общему числу цветков у всех растений УП. Ювенильные и имматурные особи в полевых условиях без выкапывания трудно отличить друг от друга, так как они представлены побегом с единственным листом, длина и ширина которого в наших условиях варьировала в очень широких пределах. Точное определение было возможно только в результате изучения подземных органов, но так как численность популяции этого редкого вида могла пострадать, было принято решение не детализировать возрастное состояние особей на начальных этапах онтогенеза, учёт проводили j- и im-особей вместе.

Для классификации ценопопуляции по особенностям онтогенетической структуры использовали классификацию Л.А. Животовского «дельта – омега» (2001), которая основывается на двух индексах: «дельта» – Δ и «омега» – ω [6].

«Дельта» – это индекс возрастности. Он оценивает возрастной уровень ценопопуляции в каждый момент времени и даёт реальное представление о вкладе каждой онтогенетической группы в общую возрастность ценопопуляции. Он изменяется от 0 до 1

$$\Delta = \frac{\sum k_i \times m_i}{N}$$

где k_i – численность i -той онтогенетической группы; m_i – «цена» возрастности одной особи i -той онтогенетической группы (Приложение 1); N – численность ценопопуляции.

«Омега» – ω – индекс эффективности, или средняя энергетическая эффективность ценопопуляции – средневзвешенное значение величин эффективности растений (e_i), который рассчитывается по формуле (Животовский, 2001):

$$\omega = \frac{\sum n_i \times e_i}{\sum n_i}$$

где n_i – это абсолютное число растений i -того возрастного состояния; e_i – эффективность растений i -того возрастного состояния; $\sum n_i$ – общее число растений. Индекс эффективности рассматривается как энергетическая нагрузка на среду и называется «средним» растением. Для каждого онтогенетического состояния определена своя эффективность e_i (Животовский, 2001) (Приложение 2).

По классификации «дельта – омега» выделяют 6 типов нормальных популяций. (приложение 10)

Для более полной характеристики популяций рассчитывали **индекс возобновляемости** (И.Н. Коваленко):

Индекс возобновляемости рассчитывается по формуле:

$$I_{\text{возобн}} = \frac{\sum_{i=1}^{p-v} n_i}{\sum_{i=1}^{p-s} n_i} * 100$$

Для выявления степного и лесного экоэлемента *F. ruthenica* данные морфометрического анализа были статистически обработаны с использованием следующих формул:

Для расчётов использовали следующие формулы:

$$M = \frac{\sum a}{n} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum (a - M)^2}{n}} ; \quad m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} .$$

где M – среднее арифметическое; a – отдельное измерение; $\sum a$ – сумма отдельных измерений; n – число измерений; σ – среднее квадратичное отклонение; m – ошибка среднего.

Для выявления достоверности попарно сравниваемых параметров рассчитывали критерий Стьюдента (t):

$$t = \frac{M1 - M2}{\sqrt{m1^2 + m2^2}}$$

где $M1, M2$ – средние арифметические попарно сравниваемых параметров, $m1, m2$ – ошибка выборки (репрезентативности) соответствующих средних арифметических. Достоверность сравниваемых параметров при 5%-ном уровне существенности ($p > 0,05$) обозначена звёздочкой (*) [17]. Математическую обработку и представление данных в виде диаграмм выполняли с применением программы Microsoft Excel 7.0.

Измеряли высоту побега, число и размеры листьев, диаметр корневища, число придаточных корней. (Приложение 3)

ГЛАВА 3. ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЕНОПОПУЛЯЦИИ РЯБЧИКА РУССКОГО В ПОЙМЕ Р. УЗЫ (экспериментальная часть)

3.1. Фитоценотические особенности *Fritillaria ruthenica* Wikstr в пойме р. Узы

Рябчик русский на изученной территории встречается в составе следующих сообществ (табл. 1):

1) **Луговые сообщества по опушкам** пойменного леса. Это остепнённые луга с высокой сомкнутостью (ОПП 70%) преобладанием разнотравья с доминированием земляники зелёной (ПП 22–26%) при участии лабзника обыкновенного (ПП 24%), подмаренника северного (ПП 8%) (УП №1), василистника малого (ПП 13%), подмаренника настоящего (ПП 10%) (УП №13). Из злаков значительна роль костреца берегового (ПП 9–20%).

Доля рябчика русского в луговых опушечных сообществах варьировала от 0,5 до 3,0 абс.%, что составляет 0,35–4,3 отн.%, то есть он играет роль ассектатора.

2) **Сообщества пойменного леса**, который узкой полосой оконтуривает старичный рукав. Древесный ярус образован клёном татарским и вязом шершавым (формула древостоя 7КЗВ), кустарниковый ярус – бересклетом бородавчатым (выражен не всегда). Травянистый ярус очень variabelен по строению, реагируя на различия в освещённости, на характер микрорельефа, который здесь заметно выражен, на различия в увлажнении. На различных участках доминантами выступают хмель обыкновенный (УП №3, УП №6), осока ранняя (УП №4, УП №5), чистотел большой (УП №7, УП №8), сныть обыкновенная (УП №8), чесночница черешковая (УП №7). Сообщества динамичны, что характерно для пойменных ландшафтов, это отражается в «необычном» сочетании видов древесного и травянистого ярусов – например, выявлена ассоциация татарскокленовника с травянистым ярусом, где доминирует не лесной, а луговой вид – земляника зелёная, при наличии как лесных видов (фиалка опушённая, хвощ зимующий), так и степных видов (вероника простёртая, зопник клубненосный) (УП №2).

Таким образом, здесь рябчик русский также выступает в роли ассектатора в составе временной синузии.

3) **Степные и луговые сообщества** развиваются **на поляне** площадью около 1000 м², с севера и востока окружённой лесом (переход осуществляется через полосу степных кустарников, преобладает спирея городчатая), а с остальных сторон – дорогой и молодой залежью. В последние 30 лет, по словам местного жителя, распашка поляны не производилась, осуществлялся выпас. В настоящее время выпас отсутствует. Развиты настоящие степи (УП №9, УП №10, УП №11) с низкой и средней сомкнутостью (ОПП 22–50%) с преобладанием типчака (ПП 10,5–20%). Из разнотравья наряду с рябчиком русским отмечены лапчатка серебристая (0,5%), коровяк обыкновенный (0,5–1,0%), зопник клубненосный (2%), полынь австрийская (9%ПП), вероника колосистая (ПП 15%).

Доля рябчика русского колеблется от 2 до 10 абс.% (от 4 до 33,3 отн.%), в среднем для трёх УП 7,3 абс.% (23,5 отн.%).

На поляне была описана одна ассоциация остепнённых лугов (УП №12). Мы её относим именно в третью группу сообществ, так как по строению она сильно отличается от остепнённых лугов, описанных ранее (УП №1, УП №13) и обнаруживает черты сходства со степями (УП №9 – УП №11). Сомкнутость составляет 25%, злаки представлены не корневищными, как на УП №1 и УП №13, а дерновинными (типчак). Доля рябчика составляет 10 абс.% (40 отн.%).

Значительный вклад рябчика русского в этих сообществах (УП №9 – УП №12) в составе временной синузии позволяет отнести его к содоминантам, что находит отражение в названии ассоциаций: асс. рускорябчико-типчак-настоящих степей (УП №9, УП №10) асс. маловасилистниково-рускорябчико-остепнённых лугов (УП №12).

Таблица 3. Характеристика ценопопуляций с *F. ruthenica* в пойме р. Узы

№ УП	Название ассоциаций, положение	ОПП*, абс %	ПП рябчика, абс %	Абс. максимум, %	Δ	ω	Тип ЦП по классификации « $\Delta - \omega$ »	Индекс возобновляемости
1	Обыкновеннолабазниково-, зелёноземляничная остепнённых лугов , опушка пойменного леса	70	0,5	g (100)	0,5	1	зрелая	0,0
2	Татарскокленовник зелёноземляничный пойменных лесов , бровка	50	3	g (66,7)	0,36	0,77	зрелая	33,3
3	Татарскокленовник бородавчатобересклетово-обыкновеннохмелевой пойменных лесов , на склоне к руслу	11	1	g (60)	0,35	0,77	зреющая	40,0
4	Татарскокленовник раннесоковый пойменных лесов , на склоне к руслу	60	4	g (47,8)	0,28	0,63	зреющая	52,2
5	Татарскокленовник бородавчатобересклетово-раннесоковый пойменных лесов , на склоне к руслу	25	3	v (42,8)	0,22	0,54	молодая	66,7
6	Татарскокленовник обыкновеннохмелевой пойменных лесов , бровка, под упавшим разлагающимся деревом	12	3	v (40)	0,23	0,56	молодая	64,0
7	Татарскокленовник бородавчатобересклетово-большечистотелово-черешковочесночицевый пойменных лесов , на склоне к руслу	70	2	g (42,8)	0,27	0,63	зреющая	57,1
8	Татарскокленовник бородавчатобересклетово-большечистотелово-обыкновенноснытевый пойменных лесов , на склоне к руслу	80	1	g (50)	0,31	0,71	зреющая	50,0
9	Русскорябчико-типчаквая настоящих степей ,	22	10	j+im (49,5)	0,13	0,36	молодая	0,0
10	Русскорябчико-типчаквая настоящих степей	30	10	j+im (41,1)	0,18	0,44	молодая	86,0
11	Колосистроверониково-типчаквая настоящих степей	50	2	g (100)	0,5	1	зрелая	75,3
12	Маловасилистниково-русскорябчиковая остепнённых лугов	25	10	j+im (55,7)	0,14	0,36	молодая	0,0
13	Береговокострецово-земляничнозелёная остепнённых лугов , опушка пойменного леса	70	3	g (100)	0,5	1	зрелая	82,1

ОПП* - общее проективное покрытие травяного яруса

3.2. Внутрипопуляционная неоднородность *Fritillaria ruthenica* Wikstr в пойме р. Узы

В результате исследования установили, что по ряду морфологических признаков виргинильные и генеративные особи рябчика русского, развивающиеся в условиях пойменного леса и на остепнённых лугах примыкающих к нему опушек достоверно отличаются от v- и g-растений, растущих на поляне в составе настоящих степей и остепнённых лугов (приложение 3). Таким образом, можно говорить о наличии внутрипопуляционной дифференцировке у рябчика русского: наличии двух экоэлементов – **лесного** (включая опушки; УП №1 – УП №8, УП №13) и **степного** (включая остепнённые луга поляны, УП №9 – УП №12).

Особь лесного экоэлемента отличаются **более крупными размерами растений и отдельных вегетативных органов**. Так, например, средняя высота побега v-особей лесного экоэлемента на 34%, а g-особей – на 52% больше, чем у особей степного экоэлемента соответствующего возрастного состояния. У v- и g-особей лесного экоэлемента формируется на 19% больше листьев, длина которых на 30% и 49% больше, чем у особей степного экоэлемента аналогичного возраста, ширина – на 25% и 35% соответственно.

Среди особей лесного экоэлемента **чаще встречаются особи с двумя побегами**, чем среди степных. Обычно виргинильные и генеративные особи рябчика состоят из 1 неветвящегося побега. Очень редко наблюдается формирование двух побегов у одной особи (базипетальное ветвление). В пойме р. Узы среди лесных v-особей число растений с двумя побегами составило 6% (в степи они отсутствовали), среди g-особей – 12% (в степи – 7%).

Наблюдаемые различия скорее всего связаны с **лучшими условиями водообеспечения** растений рябчика русского в лесных и опушечных сообществах по сравнению со степными.

Также наблюдались **различия по развитию генеративных органов**. Обычно у g-особей рябчика русского формируется по одному цветку на побеге, очень редко – по 2, 3, описаны случаи и развития 4-х цветков. В пойме р. Узы доля g-растений с 2 и более цветками составила 3,4% среди степного экоэлемента и 9,4% – среди лесного. Рябчик русский – **насекомоопыляемое растение**.

Гипотеза наша подтвердилась.

3.3. Экологическая плотность и онтогенетический спектр *Fritillaria ruthenica* Wikstr в пойме р. Узы

Экологическая плотность – одна из ключевых демографических показателей ценопопуляции. Она варьирует в лесных и опушечно-луговых сообществах от 3 до 25 шт/м², в среднем 12,3 шт/м²; в степных и луговых сообществах поляны – от 73 до 107 шт/м², в среднем 91,2 шт/м², что в 7,4 раза больше, чем в лесу. Таким образом, **низкая сомкнутость настоящих степей и остепнённых лугов весной позволяет рябчику русскому формировать здесь популяции высокой плотности**.

Один из информативных критериев устойчивости ценопопуляции – её онтогенетическая структура [15], которую мы рассчитали отдельно для лесного и степного экоэлемента (рис. 5).

В лесу и на опушке доля ювенильных и имматурных особей рябчика русского невелика (в среднем 10,8% при варьировании от 0 до 23,4%). Это коррелирует с низким

коэффициентом плодообразования (табл. 4) в этих условиях. Рябчик русский – вегетативно малоподвижное растение, семенное возобновление играет основополагающую роль в самоподдержании численности. Низкая эффективность опыления ранней весной может ограничивать семенное размножение в лесу.

Доля виргинильных особей в составе лесного экоэлемента составляет в среднем 29,6% (при варьировании от 0 до 42,9%). Максимальный вклад в формировании ценопопуляции вносят генеративные особи – 59,6% (при варьировании от 33,3 до 100,0%). Таким образом, для 7 УП из 9 в лесу и на опушке было преобладание генеративных особей в онтогенетической структуре – то есть формировались правосторонние одновершинные онтогенетические спектры. На остальных УП максимум наблюдался на v -особях. Обращает на себя внимание тот факт, что на 4-х УП из 9, описанных в лесу и на опушке, отсутствуют ювенильные и иматурные особи, что говорит о трудностях с семенным возобновлением в этих участках, так как неполночленность ценопопуляций – это тревожный знак.

На поляне формируются совсем другие онтогенетические спектры – левосторонние с максимумом на ювенильных и иматурных особях. Их доля в среднем составляет 48,8% (при варьировании от 41,1 до 55,8%). На хорошо прогреваемых полянах при большей активности опылителей образуется больше семян, а степной войлок создаёт хорошие условия для их прорастания и сохранения в первые годы жизни. Как известно, начальные этапы онтогенеза рябчика русского – это самый уязвимый период, так как он довольно продолжителен (ювенильное и иматурное состояния продолжаются не менее одного вегетационного периода каждое), а хрупкие небольшие растеньица на этом этапе очень уязвимы и страдают как от иссушения, так и от антропогенного фактора (вытаптывания). Поэтому при отсутствии выпаса на поляне j - и im -особи рябчика русского, укрытые степным войлоком, успешно осуществляют развитие до следующего возрастного состояния.

Исключение составляет УП №11, где особи прегенеративного возрастного состояния отсутствуют, спектр правосторонний, плотность особей низкая. Это может быть обусловлено как высокой сомкнутостью растительного покрова (ОПП 50% – максимум среди всех описанных нами степных сообществ на поляне), и обострением конкуренции со степными травами. Кроме того, эта УП наиболее близка к дороге, так что, возможно, негативное влияние оказывает фактор вытаптывания. (Приложение 6)

На основании коэффициентов дельта и омега можно дать характеристику ценопопуляции рябчика русского в пойме р. Узы. В среднем по 13 УП показатель дельта составляет 0,3, омега – 0,67, что позволяет отнести ценопопуляцию к зреющим. Об этом же свидетельствует и индекс возобновляемости – в среднем 46,7%, при варьировании от 0 до 86%.

Для изучения условий интродукции *F. ruthenica* были заложены опыты на территории МБОУ СОШ №71 г. Пензы. Посадочный материал (65 луковиц) был предоставлен Саловым Игорем Олеговичем. Луковицы были взвешены (среднее значение 0,34 г), измерен диаметр каждой луковицы (среднее значение 0,8 см) и посажены 10 октября 2022 года. Весной 2025 г. можно будет оценить их приживаемость.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ И ВЫВОДЫ

1. По литературным данным выявлены особенности жизненной формы, размножения, онтогенеза *F. ruthenica*. Освоены методы изучения растительных сообществ и популяций, методы математической обработки полученных данных.

2. Установлена фитоценотическая приуроченность *F. ruthenica* на юго-востоке Пензенской области: вид входит в состав, с одной стороны, разреженных пойменных лесов из клёна татарского и вяза шершавого, остепнённых лугов по опушкам этих лесов, где играет роль ассектатора (ПП от 0,5 до 4,0 абс.%); с другой стороны, в состав настоящих степей, где выступает в роли содоминанта (ПП от 2 до 10 абс.%).

3. Выявлена внутривидовая неоднородность ценопопуляции *F. ruthenica* в пойме р. Узы: дифференциация на лесной (включая опушки) и степной экоэлементы. Виргинильные и генеративные особи лесного экоэлемента формируют более высокие побеги с большим числом крупных листьев, что отражает более благоприятные условия водного режима. Выявлена тенденция более эффективного семенного размножения у степного экоэлемента из-за лучших температурных условий, повышающих активность опылителей.

4. Обнаружена в 7,4 раза более высокая экологическая плотность ценопопуляции *F. ruthenica* в степных и луговых сообществах поляны по сравнению с лесными и опушечно-луговыми сообществами из-за более успешного семенного возобновления и снижения конкуренции. Установлены особенности онтогенетических спектров в разных экологических условиях: левосторонние с преобладанием ювенильных и имматурных особей у степного экоэлемента и правосторонние с максимумом на генеративных особях у лесного экоэлемента.

5. Дана предварительная оценка состояния ценопопуляции *F. ruthenica*. В целом состояние ценопопуляции *F. ruthenica* в пойме р. Узы может быть охарактеризовано как стабильное, о чём свидетельствуют коэффициенты возрастности (0,3), эффективности (0,67), возобновляемости (46,7%). Внутривидовая неоднородность ценопопуляции повышает надёжность её существования: пойменный лес по берегу старицы испытывает наименьшую антропогенную нагрузку, выступая в роли своеобразного резервата. В степных сообществах вид лучше реализует возможности семенного размножения, но они в большей степени подвержены антропогенному влиянию (выпас) и различным демутиациям. В настоящее время факторов, угрожающих существованию данной ценопопуляции, не выявлено, но с учётом того, что территория окружена сельскохозяйственными угодьями, и данная ценопопуляция имеет небольшую площадь, необходимы дальнейшие мониторинговые исследования. Также требуется дальнейшее изучение поймы р. Узы по уточнению площади обнаруженного местообитания. Важно сохранение генофонда обнаруженной ценопопуляции в условиях интродукции, для чего организован интродукционный эксперимент на пришкольном участке МБОУ СОШ №71 г. Пензы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеева С.Е., Круглова Л.Н., Буганова А.В., Жолобова О.О., Сафронова Г.Н. Сохранение биоразнообразия редких и исчезающих видов растений в Волгоградском региональном ботаническом саду // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. № 7. С. 103–109.
2. Васюков В.М., Саксонов С.В. Конспект флоры Пензенской области. Флора Волжского бассейна. Т. IV; науч. ред. проф. С. В. Саксонов. Тольятти: Анна, 2020. С. 31.
3. Вахрамеева М.Г., Никитина С.В., Денисова Л.В. Рябчик русский // Биологическая флора Московской области / Под ред. Работнова Т.А. Вып.7. М.: МГУ, 1983. С. 83–90.
4. Голубев В.Н. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи // Труды Центрально-Чернозёмного заповедника. 1962. Вып. 7. 509 с.
5. Денисова Л.В., Заугольнова Л.Б., Никитина С.В. Состояние популяций рябчика русского в различных частях ареала в связи с проблемой его охраны // Популяционные исследования растений в заповедниках. Проблемы заповедного дела. Науч.-метод. записки Комиссии по заповедному делу РАН. 1989. Т. 4. С.9–18.
6. Животовский Л.А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология, 2001. № 1. С. 3–7.
7. Котельникова М.Г. Оценка уровня изменчивости биоэкологических показателей растений рябчика русского *Fritillaria ruthenica* Wikstr. в ходе мониторинга популяций в Красносамарском лесничестве // Экологический сборник 6: труды молодых ученых Поволжья. Международная молодежная научная конференция / Под редакцией С.А. Сенатора, О.В. Мухортовой и С.В. Саксонова. 2017. С. 208–212.
8. Мазей Н.Г., Можяева Г.Ф., Рытикова О.В., Ростовцева М.В. Виды растений Красной книги РФ в Пензенском ботаническом саду имени И.И. Спрыгина // Современные концепции экологии биосистем и их роль в решении проблем сохранения природы и природопользования. Материалы Всероссийской (с международным участием) научной школы-конференции, посвященной 115-летию со дня рождения А. А. Уранова. Пенза, 2016. С. 127–129.
9. Минина Н.Н. Декоративные дикорастущие растения флоры Республики Башкортостан: интродукция и перспективы использования в озеленении. // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биол. наук. Уфа, 2000. 19 с.
10. Работнов Т. А. Методы определения возраста и длительности жизни у травянистых растений // Полевая геоботаника. М.-Л.: АН СССР, 1960. Т. 2. С. 141–149.
11. Ротов Р.А. Морфолого-биологические особенности луковичных эфемероидов на примере рода *Fritillaria* L. и других близких родов семейства Лилейные // Проблемы экологической морфологии растений. М.: Наука, 1976. С. 186–192.
12. Сапельникова И.И. Сезонное развитие рябчика русского (*Fritillaria ruthenica* Wikstr.) в Воронежском заповеднике // Труды Воронежского государственного заповедника. 2020 г. Вып. XXIX . Воронеж: Новый формат, 2020. С. 175–198.
13. Силаева Т.Б. Рябчик русский // Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. С. 324–325.
14. Соловьева В.В., Старкова Т.С., Старков М.Н. Изучение состояния ценопопуляций шпажника тонкого, рябчика русского, первоцвета крупночашечного (Самарская область) // Экология и география растений и сообществ Среднего Поволжья /

Под ред. С.А. Сенатора, С.В. Саксонова. Г.С. Розенберга. Тольятти: Кассандра, 2014. С. 374–379.

15. Уранов А.А. Возрастной спектр ценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7–34.

16. Чистякова А.А. Рябчик русский // Красная книга Пензенской области. Грибы, лишайники, мхи, сосудистые растения. Пенза, 2013. Т. 1. С. 172.

17. Шмидт В. М. Математические методы в ботанике. Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.**Онтогенетические состояния и их характеристики (по: Животовский, 2001)**

Возрастное состояние	Балл состояния, i	Возрастность, m_i
Семя, se	0	0,0025
Проросток, p	1	0,0067
Ювенильное, j	2	0,0180
Имматурное, im	3	0,0474
Виргинильное, v	4	0,1192
Молодое генеративное, g_1	5	0,2689
Зрелое генеративное, g_2	6	0,5000
Старое генеративное, g_3	7	0,7311
Субсенильное, ss	8	0,8808
Сенильное, s	9	0,9526
Отмирающее, sc	10	0,9820

ПРИЛОЖЕНИЕ 2.**Эффективность онтогенетических состояний особей (по Животовский, 2001)**

Возрастное состояние	Эффективность, e_i
Семя, se	0,0099
Проросток, p	0,0266
Ювенильное, j	0,0707
Имматурное, im	0,1807
Виргинильное, v	0,4200
Молодое генеративное, g_1	0,7864
Зрелое генеративное, g_2	1,0
Старое генеративное, g_3	0,7864
Субсенильное, ss	0,4200
Сенильное, s	0,1807
Отмирающее, sc	0,0707

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.

Морфологические признаки *F. ruthenica* в пойме р. Узы

Признак	j + im		v		g	
	Лесной экоэлемент	Степной экоэлемент	Лесной экоэлемент	Степной экоэлемент	Лесной экоэлемент	Степной экоэлемент
		т	т	т	т	т
Длина листа, см	10,9±1,3 (5,0 – 23,0)	9,1±0,6 (5,0 – 15,0)	9,6±0,4* (6,0 – 12,5)	7,4±0,3* (5,0 – 10,0)	11,6±0,2* (9,0 – 13,5)	7,8±0,3* (5,0 – 10,5)
Ширина листа, мм	7,4±1,2 (3,0 – 18,0)	7,4±0,5 (3,0 – 11,0)	9,0±0,3* (5,0 – 11,0)	7,2±0,4* (4,0 – 10,0)	8,0±0,4* (5,0 – 13,0)	5,9±0,3* (3,0 – 9,0)
Высота побега, см	–	–	10,2±1,1* (4,0 – 18,0)	7,6±0,5* (4,0 – 11,0)	50,0±1,8* (40,0 – 73,0)	32,8±2,1* (19,0 – 46,0)
Число листьев, шт.	–	–	6,3±0,6 (3,0 – 11,0)	5,3±0,4 (3,0 – 8,0)	8,7±0,5* (6,0 – 13,0)	7,3±0,4* (5,0 – 10,0)
Коэффициент плодообразования, %	–	–	–	–	32,6±11,1 (0,0 – 66,7)	55,8±16,9 (6,7 – 83,0)

* - Указатель достоверности сравниваемых параметров при 5%-ном уровне существенности ($p > 0,05$).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4.

Место обитания рябчика русского в Лопатинском районе



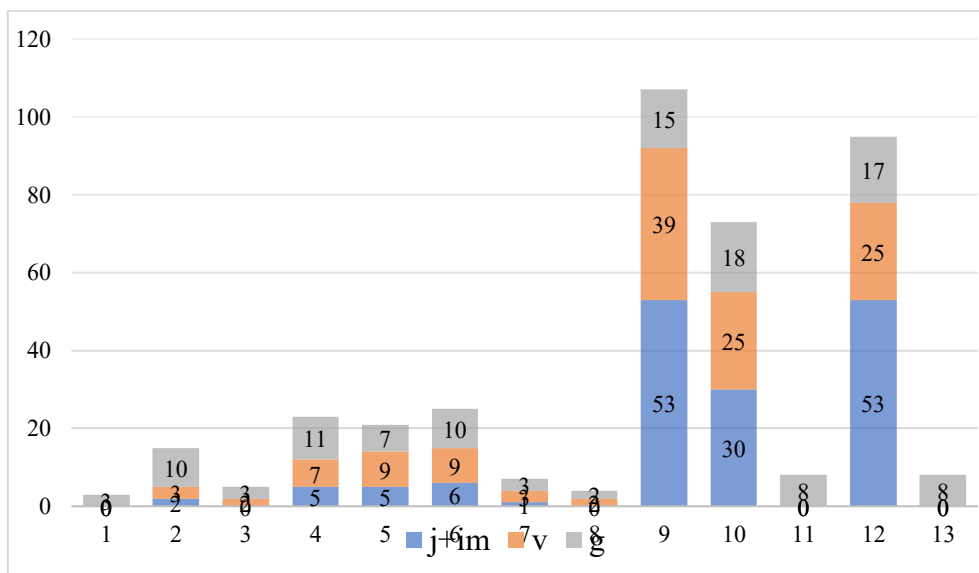
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.

Посадка луковиц рябчика русского на пришкольном участке



ПРИЛОЖЕНИЕ 6.

Онтогенетический спектр ценопопуляций рябчика русского в пойме р.Узы



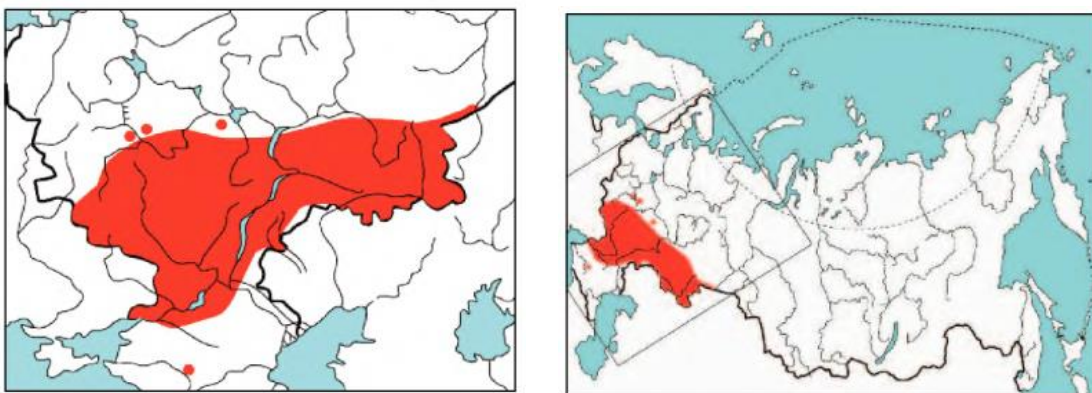
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.

Положение нового местообитания *Fritillaria ruthenica* (вверху) и расположение учётных площадей (внизу); цифры соответствуют номеру УП



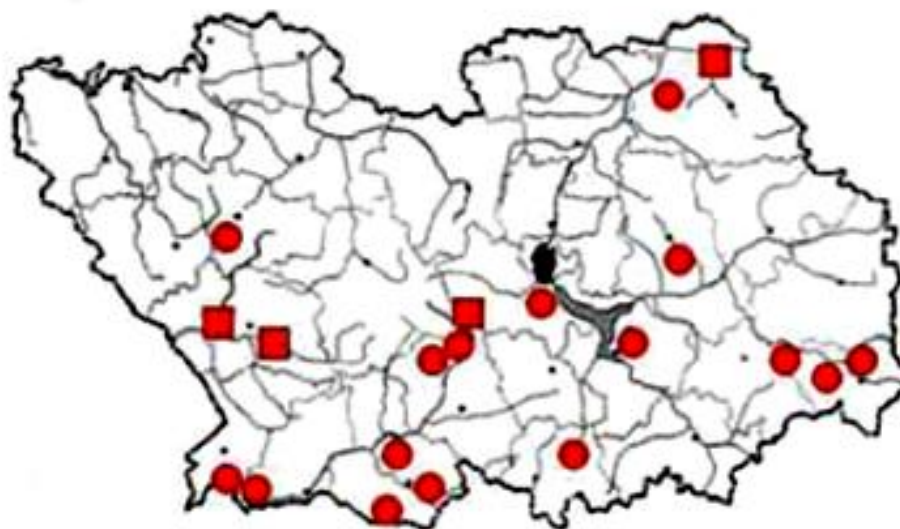
ПРИЛОЖЕНИЕ 8.

Ареал *Fritillaria ruthenica* в РФ [12]



ПРИЛОЖЕНИЕ 9.

Местонахождения *Fritillaria ruthenica* в Пензенской области [16]



ПРИЛОЖЕНИЕ 10.

Типы нормальных популяций (по: Животовский, 2001)



Рецензия

Работа Храмовой Марии посвящена особенностям биологии и экологии эндемика СНГ, редкого растения России рябчика русского. Вид занесён в Красную книгу России, что подчёркивает важность его изучения с целью разработки мер по поддержанию численности. Благодаря наблюдательности неравнодушных жителей Лопатинского района удалось установить местоположение нового для Пензенской области местообитания рябчика русского. Данная работа представляет собой начальный этап работы по мониторингу состояния данной ценопопуляции.

Работа имеет типичную для подобных исследований структуру. В первой главе дан анализ литературы по морфологии вида, ареалу, в том числе в Пензенской области, особенностям онтогенеза, выявлены наименее изученные аспекты, в частности существование в пределах вида разных экоэлементов. Особенно ценно, что автор работы изучила не только классические работы по экологии данного вида, но и научные статьи последних лет, отражающие современное состояние вопроса.

Во второй главе Мария Храмова даёт характеристику территории и излагает методы, освоенные ей в процессе работы над данной темой. Особенно важно, на мой взгляд, что автор принимала непосредственное участие в экспедиции по поиску нового местообитания рябчика русского (пешеходный маршрут не менее 12 км) и в описании обнаруженной ценопопуляции (13 учётных площадей по 4 м²). В процессе полевого этапа работы автор освоила методику описания лесных и степных растительных сообществ, изучения онтогенеза луковичных эфемероидов, исследования демографических характеристик ценопопуляции. На камеральном этапе обработки Мария научилась классифицировать растительные сообщества, классифицировать популяции на основе показателей «дельта» и «омега», выявлять онтогенетические особенности ценопопуляции и давать оценку их современного состояния. Важно, что в процессе работы автор делала выводы на основании статистически обработанного материала, например, по морфометрическим наблюдениям, в том числе с использованием критерия Стьюдента.

Третья глава посвящена описанию результатов работы. Автор установила фитоценоотическую приуроченность рябчика русского на юго-востоке Пензенской области. Важнейшим результатом работы является выделение впервые для Пензенской области двух экоэлементов – опушечно-лесного и степного, особи которых (особенно в генеративном возрастном состоянии) достоверно отличаются по таким признакам, как высота побега, размеры листьев, коэффициент плодообразования. Кроме того, показано, что экоэлементы отличаются по таким характеристикам, как плотность

На основании работы автор делает справедливый вывод, что в условиях современного природопользования на данной территории состояние популяции в целом стабильное, но при возрастании антропогенной нагрузки, например, активизации выпаса, этой относительно небольшой, чудом сохранившейся среди распаханых земель ценопопуляции может угрожать опасность, что делает необходимым мониторинг. По моему мнению, повторные исследования следовало бы провести через 3 – 5 лет. Юный возраст автора работы позволяет, на мой взгляд, к старшим классам провести следующий этап мониторинга. Данную работу, несомненно, следует продолжить. Очень существенной частью работы является то, что Мария заложила на пришкольном участке эксперимент по интродукции рябчика русского, расширяя коллекцию эфемероидов, которую она начала создавать в прошлом году. Сохранение редких видов в культуре также является важным звеном охраны редких видов.

В целом, после прочтения работы остаются очень положительные впечатления. Мария проделала большой объём работы. Работа написана хорошим научным языком, чувствуется правильное владение научной терминологией, и в тоже время без излишней перегруженности избыточной академичностью. Работа хорошо проиллюстрирована. Большую ценность представляет карта с указанием нового местообитания. Фактический материал представлен как в таблицах с результатами статистической обработки, так и в виде рисунков – диаграмм, без избыточного дублирования. Графический материал значительно облегчает восприятие результатов работы.

Выводы по результатам работы сформулированы лаконично и чётко, они полностью подтверждаются экспериментальными данными и их достоверность не вызывает сомнения. В целом, работа имеет большое научное и прикладное – природоохранное значение. Её результаты будут использованы при ведении Красной книги Пензенской области. Без сомнения, работа заслуживает внимательного изучения и, по-моему мнению, вызовет большой интерес как у специалистов в области экологии растений, так и у широкого круга слушателей, интересующихся природой Пензенской области.

К.б.н., доцент кафедры
«Общая биология и биохимия» ПГУ

Ю.Ф.

Фатонина

