

## Выявление очагов высокого разнообразия редких видов растений как основа оценки репрезентативности и совершенствования системы особо охраняемых природных территорий

Н. И. ФЕДОРОВ, А. А. МУЛДАШЕВ, В. Б. МАРТЫНЕНКО, Э. З. БАИШЕВА,  
П. С. ШИРОКИХ, О. А. ЕЛИЗАРЬЕВА, А. Г. КУТУЕВА

Уфимский институт биологии УФИЦ РАН  
450054, Уфа, Проспект Октября, 69  
E-mail: fedorov@anrb.ru

Статья поступила 29.01.2020

После доработки 05.02.2020

Принята к печати 19.02.2020

### АННОТАЦИЯ

Необходимым условием для планирования и создания системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на национальном и региональном уровнях является анализ репрезентативности существующих ООПТ, в том числе по отношению к обеспеченности территориальной охраной редких и эндемичных видов. Для анализа распространения редких и нуждающихся в охране сосудистых видов растений Республики Башкортостан (РБ) выполнено обобщение всех источников высокоточных геопривязанных данных (гербарных сборов и баз данных геоботанических описаний растительности). На их основе создана графическая база данных – ГИС-карта “Редкие и исчезающие виды сосудистых растений Республики Башкортостан”, включающая три основных векторных слоя: точечный слой, содержащий сведения о 4932 местонахождениях этих видов, слой “Границы ООПТ” и слой сетки, с ячейками 6' по широте на 10' по долготу (10,8 × 10,2 км). На основе этих слоев и стандартных процедур программы QGIS 3.4 разработан алгоритм анализа закономерностей распределения редких видов по всему региону, выявления территорий с высоким разнообразием этих видов и их охвата системой существующих ООПТ. На примере двух ячеек сеточной карты с высоким разнообразием редких видов рассмотрены подходы к выявлению границ территорий потенциальных новых ООПТ с использованием космоснимков и цифровой модели рельефа. Для уникальных комбинаций редких видов проведена оценка распространения на территории существующих ООПТ, что позволило обосновать необходимость выделения двух новых ООПТ. Предлагаемые подходы не исключают полевых исследований, но позволяют существенно снизить временные и финансовые затраты на проведение работ по проектированию новых ООПТ для оптимизации охраны редких и исчезающих видов растений.

**Ключевые слова:** редкие и исчезающие виды растений, биоразнообразие, Красная книга, особо охраняемые природные территории, сеточное картирование, ГИС-технологии, Южный Урал.

Одной из важнейших экологических проблем современности является снижение биологического разнообразия, вызванное интенсивной деградацией природных экосистем. Наиболее значимым международным документом, направленным на решение этой про-

блемы, является Конвенция о биологическом разнообразии, ратифицированная Российской Федерацией (РФ) в 1995 г. Принятая в 2004 г. на VII конференции Сторон Конвенции по биологическому разнообразию “Программа работ по охраняемым территориям” определила общие требования к деятельности особо охраняемых природных территорий (ООПТ) для всех стран-участников Конвенции. При этом необходимым условием для планирования и создания систем ООПТ на национальном и региональном уровнях является анализ репрезентативности существующих ООПТ, который должен учитывать такие показатели, как географическое и биологическое разнообразие страны или региона, обеспечение территориальной охраны редких и эндемичных видов, полнота охвата системой ООПТ территорий высокой международной или национальной природоохранной ценности. В РФ такой анализ выполнен только для федеральных ООПТ [Кревер и др., 2009]. Между тем оценка уровня репрезентативности ООПТ регионального и местного значения, на долю которых в 2017 г. приходилось 97,5 % от общего количества и 72,9 % от общей площади ООПТ РФ [Государственный доклад..., 2019], до сих пор представляет собой актуальную и не решенную для многих субъектов РФ задачу.

Анализ биоразнообразия существующих систем ООПТ разных регионов не имеет единой методической базы и включает в себя ряд направлений исследований. Чаще всего используется сопоставление данных по биоразнообразию региона со списками видов, выявленных на одной или всей совокупности ООПТ в пределах административной единицы. Данный подход применим для разных таксономических групп, позволяет получить быстрый результат, но очень сильно зависит от степени изученности региона. Полный анализ репрезентативности системы ООПТ по отношению ко всей биоте, как правило, невозможен из-за отсутствия полных инвентаризационных данных.

Географический критерий имеет два аспекта: региональный (представленность в системе ООПТ физико-географических районов разных уровней) и типологический (охват ландшафтных типологических подразделений различного уровня и территориальных разновидностей растительного покрова).

В ряде регионов предложены авторские системы оценки репрезентативности ООПТ, в которых помимо вышеперечисленных критериев используются такие показатели, как выполнение экологических функций, синантропизация растительного покрова, наличие экологических взаимосвязей между ООПТ и др. [Санников, 2014], при этом возможности ГИС-технологий используются довольно редко. Это ограничивает применение географического критерия и точных количественных данных по биоразнообразию для объективной оценки репрезентативности региональных ООПТ.

Цель данной работы – разработка методических подходов для оценки репрезентативности охвата разнообразия редких и исчезающих видов сосудистых растений региональной системой ООПТ, а также выявление очагов высокого фиторазнообразия и обоснование новых ООПТ с использованием ГИС-технологий.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для анализа распространения редких и нуждающихся в охране видов сосудистых растений Республики Башкортостан (РБ) выполнено обобщение всех источников высокоточных геопривязанных данных (баз данных гербарных образцов и 3560 геоботанических описаний). При уточнении географических координат местонахождений сборов гербарных образцов, не имеющих GPS-привязки, использовались программы GoogleEarth и SASPlanet v91026, а также старые карты, содержащие географические названия соответствующих временных периодов. Данные о местообитаниях редких видов, зафиксированных в геоботанических описаниях, выгружались из баз данных TURBOVEG и импортировались в QGIS 3.4 как файлы в формате CSV. На основе этих данных в QGIS 3.4 создана графическая база данных – ГИС-карта “Редкие и исчезающие виды сосудистых растений Республики Башкортостан”. Атрибутивная таблица основного слоя ГИС-карты содержит следующие поля: “Семейство”, “Род”, “Вид”, “Широта” и “Долгота” (в системе координат WGS 84), “Точность привязки” (м), “Номер в базе геоботанических описаний TURBOVEG”, “Номер в каталоге гербарных образцов”, “Ареал”, “Растительное сообще-

ство (или тип местообитания)”, “Категория редкости по Красной книге РФ”, “Категория редкости по Красной книге РБ”, “Реликт” (заполняется для видов реликтов), “Эндемик” (заполняется для эндемичных видов). На конец 2019 г. слой содержал сведения о 4932 местонахождениях на территории РБ 232 редких и исчезающих видов растений, относящихся к 56 семействам. Извлечение точек локалитетов из базы данных геоботанических описаний позволило увеличить на 37 % число местонахождений редких и исчезающих видов растений, внесенных в последнее издание Красной книги РБ [2011].

При анализе разнообразия использованы вспомогательные слои: слой границ ООПТ и векторные сетки, построенные в программе GRASS 7.4. В качестве основной из них использована сетка с ячейками 6' по широте на 10' по долготу (10,8 × 10,2 км). Для уточнения границ потенциальных ООПТ использовались космоснимки Sentinel-2, находящиеся в свободном доступе на сайте Copernicus [<https://www.copernicus.eu/en/access-data>], космоснимки с сервиса Google maps и цифровая модель рельефа, созданная на основе данных SRTM 1arc\_V3, которые находятся в свободном доступе на сайте USGS [<https://earthexplorer.usgs.gov/>].

Для расчета числа редких видов в клетках сеточного слоя использовалась процедура “Расчет точек в полигоне”. При проведении этой процедуры в “поле классификации” выставлялось название столбца атрибутивной таблицы, содержащего названия видов (в нашем случае “Вид”). Для визуализации результата в “Свойствах слоя” в разделе “Стиль” выбиралась опция “Градуированный знак” по значениям поля, содержащего число видов в ячейках с заданием в окне “Классификация” числа классов (интервалов значений) количества видов. Таким образом, ячейки сетки окрашивались в соответствующий той или иной градации цвет. Аналогичным образом отображались результаты анализа представленности редких видов потенциальных новых ООПТ во флористическом составе существующих ООПТ.

Для анализа разнообразия видов в интересующих полигонах ячейки полигонального слоя выделялись и пересохранились как отдельные полигональные слои, а затем использовались в качестве масок (оверлейных слоев) для об-

резки векторного точечного слоя локалитетов видов. В результате были получены новые точечные слои, в которых точки находятся в границах соответствующих областей интереса. Для анализа разнообразия видов, попадающих в отдельные полигоны или группы полигонов (ячейки сетки или полигоны слоя “Памятники природы и ООПТ”), использовалась процедура “Список уникальных значений”.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 показано число редких и исчезающих видов сосудистых растений в ячейках сетки со сторонами 10,8 × 10,2 км (6' по широте на 10' по долготу) на территории РБ. В Предуралье редкие и исчезающие виды отсутствуют или имеют низкую встречаемость в зоне широколиственных лесов, значительная часть которых вырублена, а освободившаяся территория используется под сельхозугодья. В горно-лесной зоне РБ наиболее высокое разнообразие редких видов отмечается в центрально-возвышенной части Южного Урала и на его восточном макросклоне, а наиболее низкое характерно для горных экотонных светлохвойно-широколиственных лесов.

Совмещение сеточной карты разнообразия редких видов и карты границ ООПТ позволило выявить четыре ячейки с высокой представленностью редких видов (более 15), не попадающие на территории существующих ООПТ. В одну из ячеек входит фрагмент лесной растительности Уфимского плато, а три представляют собой степную растительность в центральной части и на юге Предуралья, а также на юге Зауралья. Предварительные границы новых ООПТ были намечены при использовании этих ячеек в качестве масок, а также космоснимков и цифровой модели рельефа. На рис. 1 цифрой 1 отмечена одна из этих ячеек (под номером 31-79), в пределах которой наибольшее разнообразие редких видов локализовано на остепенном холме Ярыштау (рис. 2) в его наиболее возвышенной части (рис. 3). На космоснимке, сделанном в апреле, четко видны границы как современных пахотных полей, так и следы распашек в прежние годы. Это позволило наметить предварительные границы ООПТ. В табл. 1 приведена характеристика флористического состава редких видов, входящих в новое

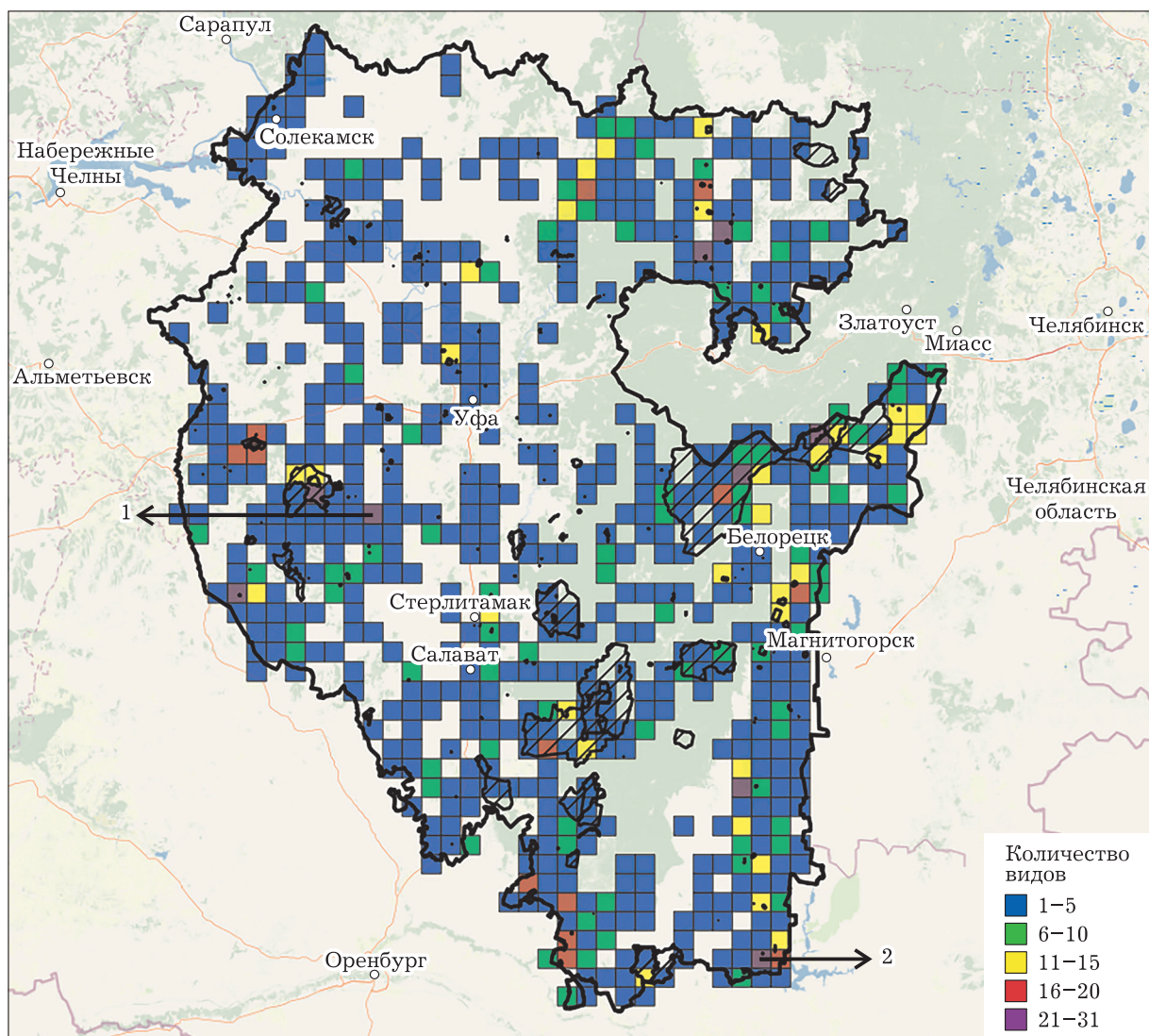


Рис. 1. Разнообразие редких и исчезающих видов сосудистых растений на территории Республики Башкортостан. В ячейках сетки размером 6' по широте на 10' по долготе (10,8 × 10,2 км) цветом отражено количество видов. Сверху наложен слой существующих ООПТ. Цифрами 1 и 2 обозначены обсуждаемые в тексте статьи ячейки 31-79 и 51-102 с высоким разнообразием редких и исчезающих видов

перспективное ООПТ. Из 22 видов, входящих в ячейку сетки, 16 входят в территорию предполагаемой ООПТ, занимающей всего 0,76 км<sup>2</sup>.

Для оценки оригинальности комбинации редких видов из исходного точечного слоя локалитетов редких и исчезающих видов создан новый слой, содержащий только 16 видов, произрастающих на территории предлагаемой ООПТ. Затем по этому слою рассчитывалась представленность данных видов в полигонах слоя "ООПТ РБ" (рис. 4). Это позволило установить, что виды новой ООПТ имеют достаточно высокую представленность на территории национального парка "Башкирия"

и природного парка "Аслы-Куль", но на обеих территориях они имеют меньшую плотность произрастания.

Для оценки репрезентативности охвата редких видов системой ООПТ необходим анализ их встречаемости на всей территории РБ. С этой целью в исходном точечном слое местообитаний редких и исчезающих видов по маске (полигональному слою "ООПТ РБ") выделены и удалены все известные локалитеты видов, произрастающих на ООПТ. В полученный в результате этой операции слой "Локалитеты видов за пределами ООПТ" вошло 37 из 232 "краснокнижных" видов. Далее



Рис. 2. Редкие и исчезающие виды растений, попадающие в границы потенциальной новой ООПТ в ячейке 31-79 на апрельском космоснимке. Номера точек соответствуют номерам видов в табл. 1

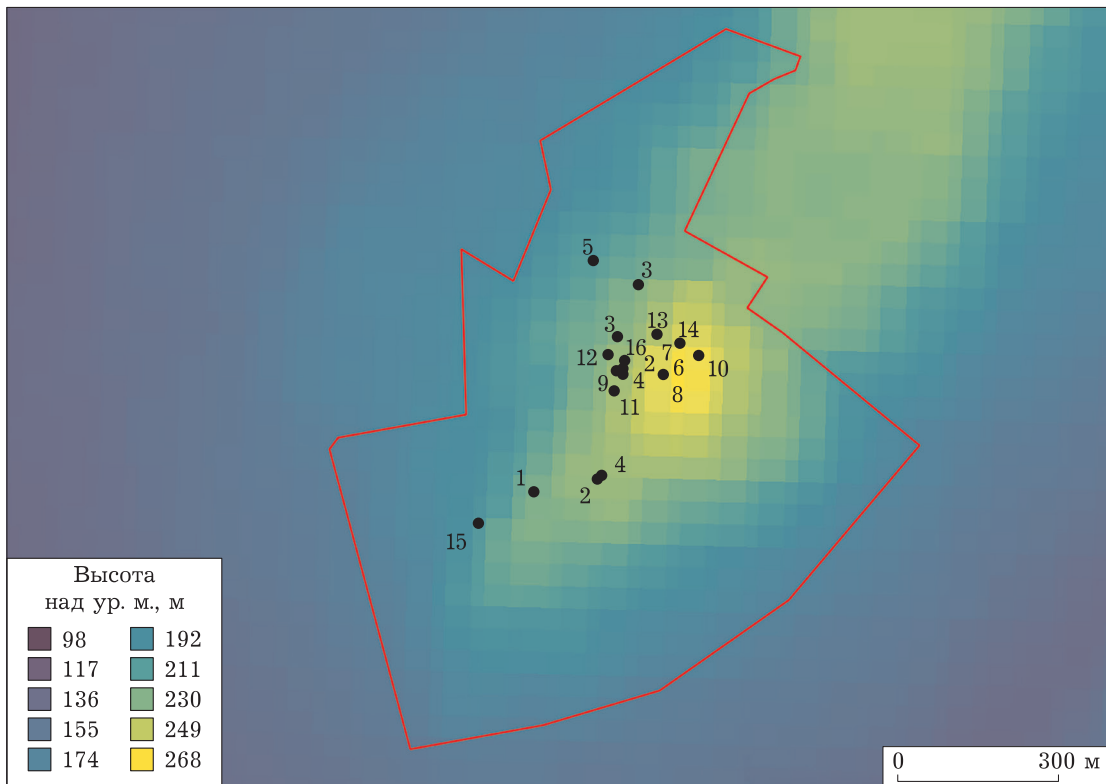


Рис. 3. Редкие и исчезающие виды растений, попадающие в границы потенциальной новой ООПТ в ячейке 31-79, наложенные на цифровую модель рельефа. Нумерация видов соответствует их нумерации в табл. 1

Т а б л и ц а 1

**Редкие и исчезающие виды, встречавшиеся в ячейке 31-79, в том числе на территории потенциальной новой ООПТ**

№ п/п	Вид	Число локалитетов в РБ, шт.	Статус в Красных книгах*		Примечание
			РФ	РБ	
Виды, произрастающие на территории потенциальной новой ООПТ					
1	<i>Medicago cancellata</i> Bieb.	5	3а	2	Эндемик европейской части России. Вид на восточной границе распространения
2	<i>Oxytropis hippolyti</i> Boriss.	62	3а	3	Эндемик Заволжья. Вид на восточной границе распространения
3	<i>Fritillaria ruthenica</i> Wikstr.	69	3б	3	
4	<i>Hedysarum grandiflorum</i> Pall.	84	3в	3	Вид на восточной границе распространения
5	<i>Stipa dasyphylla</i> (Lindem.) Trautv.	85	3г	3	
6	<i>Stipa pennata</i> L.	329	3г	3	
7	<i>Stipa pulcherrima</i> C. Koch	233	3г	3	
8	<i>Stipa zalesskii</i> Wilensky	201	3г	3	
9	<i>Hedysarum razoumovianum</i> Fisch. et Helm	34	3д	3	Эндемик Приволжья и Заволжья. Вид на восточной границе распространения
10	<i>Stipa korshinskyi</i> Roshev.	94	–	3	Эндемик Заволжья и Казахстана
11	<i>Linum uralense</i> Juz.	45	–	3	Эндемик Заволжья и Западного Казахстана, заходит на Южный Урал
12	<i>Astragalus helmii</i> Fisch.	68	–	3	Эндемик юго-востока европейской части России и Северного Казахстана
13	<i>Stipa sareptana</i> A. Beck.	102	–	3	
14	<i>Stipa lessingiana</i> Trin. et Rupr.	121	–	3	
15	<i>Cephalaria uralensis</i> (Murr.) Schrad. ex Roem et Schult.	31	–	3	Вид на восточной границе распространения
16	<i>Agropyron fragile</i> (Roth) P. Candargy	11	–	3	
Виды, произрастающие за пределами территории потенциальной новой ООПТ					
17	<i>Ononis arvensis</i> L.	16	–	2	
18	<i>Iris pseudocorus</i> L.	17	–	2	
19	<i>Fritillaria meleagroides</i> Patrin ex Schult. et Schult. fil.	27	–	3	
20	<i>Crambe tataria</i> Sebeòk	27	–	2	
21	<i>Astragalus cornutus</i> Pall.	49	–	3	
22	<i>Althaea officinalis</i> L.	21	–	3	

\* Категории статуса редкости видов приведены по Красной книге РФ [2008] и Красной книге Республики Башкортостан [2011].

по этому слою рассчитывалось число редких видов в ячейках сеточного слоя (рис. 5). Большая часть ячеек, в которые попали виды, не произрастающие на территориях ООПТ,

находится на территориях со степной и лесостепной растительностью.

Наибольшее количество видов (10), не встречающихся на существующих ООПТ, от-

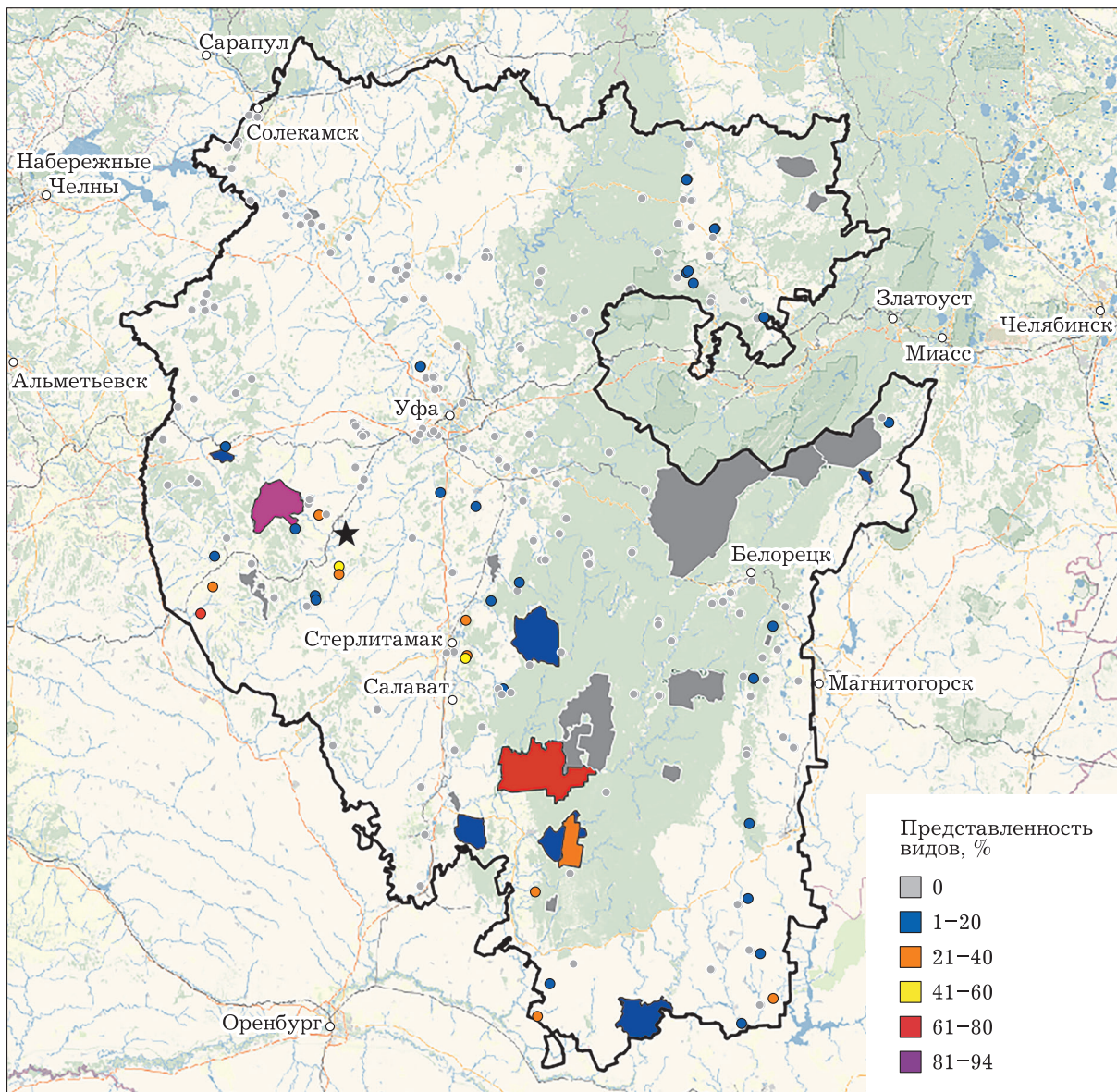


Рис. 4. Представленность комбинации редких видов предполагаемой новой ООПТ в квадрате 31-79 во флористическом составе существующих ООПТ, %. Звездочкой отмечено место потенциальной новой ООПТ

мечено в ячейке 51-102, включающей степную растительность на юге Зауралья (данная ячейка отмечена на рис. 1 цифрой 2, а на рис. 5 цифрой 1). Характеристика этих видов приведена в табл. 2. Они встречаются исключительно в степях южных районов, причем большая часть локалитетов выявлена на границе с Оренбургской областью. В ячейке 51-102 все рассматриваемые виды, кроме *Lotus praetermissus* Kurpian., сосредоточены в ее верхней половине (рис. 6), и большинство из них приурочено к локальным понижениям (рис. 7).

#### ОБСУЖДЕНИЕ

Встречаемость редких и исчезающих видов в ячейках сеточной карты может быть использована в качестве одного из критериев оценки биоразнообразия территорий [Ko et al., 2014; Чепинога, Петухин, 2017; Бикташев и др., 2019]. В Предуралье низкая встречаемость редких видов в зоне широколиственных лесов связана с тем, что в этих лесах деревья-доминанты являются эдификаторами, которые вносят главный вклад в режим фитоценологических отношений [Миркин и др., 2010]. Поэтому редкие виды растений, как правило

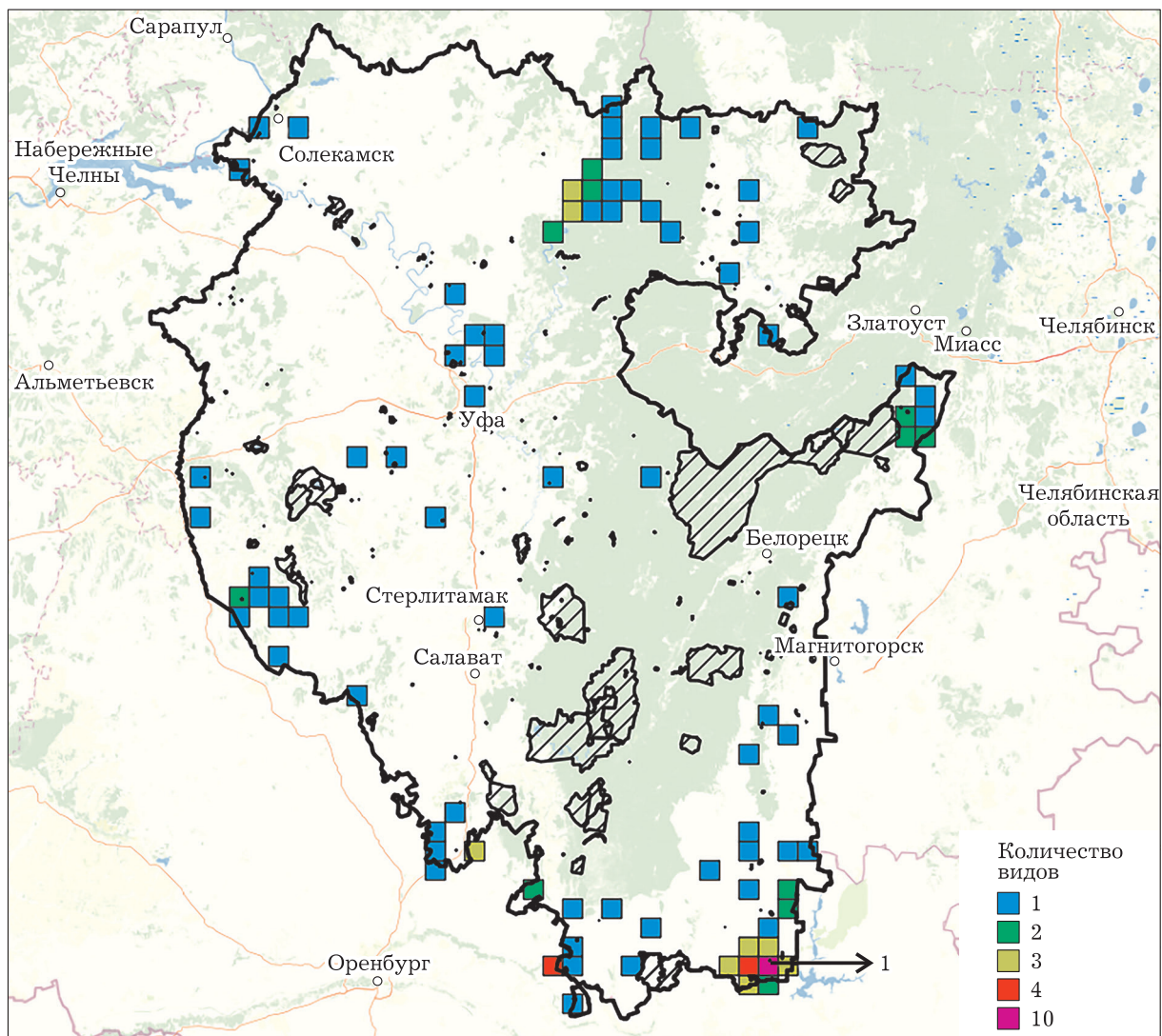


Рис. 5. Количество редких и исчезающих видов сосудистых растений, отсутствующих на существующих ООПТ, в ячейках сетки размером 6' по широте на 10' по долготу (10,8 × 10,2 км). Сверху наложен слой ООПТ Республики Башкортостан. Цифрой 1 отмечен квадрат 51-102 с наибольшим количеством этих видов

обладающие низкой конкурентоспособностью, практически отсутствуют под пологом густых тенистых широколиственных лесов с развитым подлеском. Это согласуется с литературными данными о том, что при повышении сомкнутости древостоя видовое разнообразие снижается [Gillet et al., 1999; Weiher, Howe, 2003; Van Couwenberghe et al., 2011; Plue et al., 2013; Neufeld, Young, 2014; Márialigeti et al., 2016].

Более высокая встречаемость видов, включенных в Красные книги РБ и РФ, отмечается в Предуралье на территориях с более сложным рельефом, благодаря которому увеличивается разнообразие местообитаний (на Беле-

беевской возвышенности, Уфимском плато, карстовых полях Месягутовской лесостепи и т. д.) (см. рис. 1), а также в степных сообществах, являющихся одним из типов растительности, наименее трансформированных под влиянием изменения климата в голоцене [Горчаковский, 1968]. Этим же объясняется высокое разнообразие редких видов в петрофитных и галофитных степях Зауралья.

В горно-лесной зоне РБ наибольшее разнообразие редких видов встречается в центрально-возвышенной части и на восточном макросклоне Южного Урала за счет высокой представленности видов плейстоценового флористического комплекса. Самое низкое



## Редкие и исчезающие виды, попадающие в ячейку 51-102

№ п/п	Вид	Число локалитетов в РБ, шт.	Статус в Красных книгах*		Примечание
			РФ	РБ	
Невстречающиеся на существующих ООПТ РБ					
1	<i>Allium praescissum</i> Reichenb.	6	–	2	
2	<i>Anabasis cretacea</i> Pall.	1	–	1	
3	<i>Artemisia pauciflora</i> Web.	1	–	1	
4	<i>Asparagus inderiensis</i> Blum ex Pacz.	4	–	1	
5	<i>Frankenia hirsuta</i> L.	6	–	1	
6	<i>Leymus karelinii</i> (Turcz.) Tzvel.	7	–	2	
7	<i>Limonium macrorhizon</i> (Ledeb.) O. Kuntze	1	–	1	
8	<i>Limonium suffruticosum</i> (L.) O. Kuntze	10	–	3	
9	<i>Lotus praetermissus</i> Kuprian.	4	–	2	
10	<i>Trinia hispida</i> Hoffm.	7	–	1	Эндемик юго-востока Европы и Северного Казахстана.
Встречающиеся на существующих ООПТ РБ					
11	<i>Allium delicatulum</i> Siev. ex Schult. et Schult. fil.	11	–	2	
12	<i>Allium flavescens</i> Bess.	21	–	3	
13	<b><i>Astragalus cornutus</i> Pall.</b>	49	–	3	
14	<b><i>Dianthus uralensis</i> Korsh.</b>	31	–	3	
15	<i>Elytrigia intermedia</i> (Host) Nevski	14	–	3	
16	<b><i>Glycyrrhiza korshynskyi</i> Grig.</b>	14	–	3	Эндемик Южного Урала и Западного Казахстана
17	<i>Hedysarum argyrophyllum</i> Ledeb.	62	–	3	Горно-степной эндемик Южного Урала
18	<b><i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench</b>	48	–	3	
19	<b><i>Leymus klokovii</i> (Tzvel.) Baikov et Lipin</b>	3	–	1	
20	<i>Limonium caspium</i> (Willd.) Gams.	5	–	2	
21	<b><i>Linaria altaica</i> Fisch. ex Kuprian.</b>	29	–	3	На Южном Урале плейстоценовый реликт сибирского происхождения
22	<i>Ononis arvensis</i> L.	16	–	2	
23	<i>Stipa dasyphylla</i> (Lindem.) Trautv.	85	3г	3	
24	<i>Stipa sareptana</i> A. Beck.	102	–	3	
25	<b><i>Stipa zalesskii</i> Wilensky</b>	201	3г	3	
26	<b><i>Thermopsis schischkinii</i> Czefr.</b>	24	–	3	

П р и м е ч а н и е. Полужирным шрифтом выделены виды, произрастающие в том числе на территории памятника природы “Пойма реки Мекан”.

\* Категории статуса редкости видов приведены по Красной книге РФ [2008] и Красной книге Республики Башкортостан [2011].

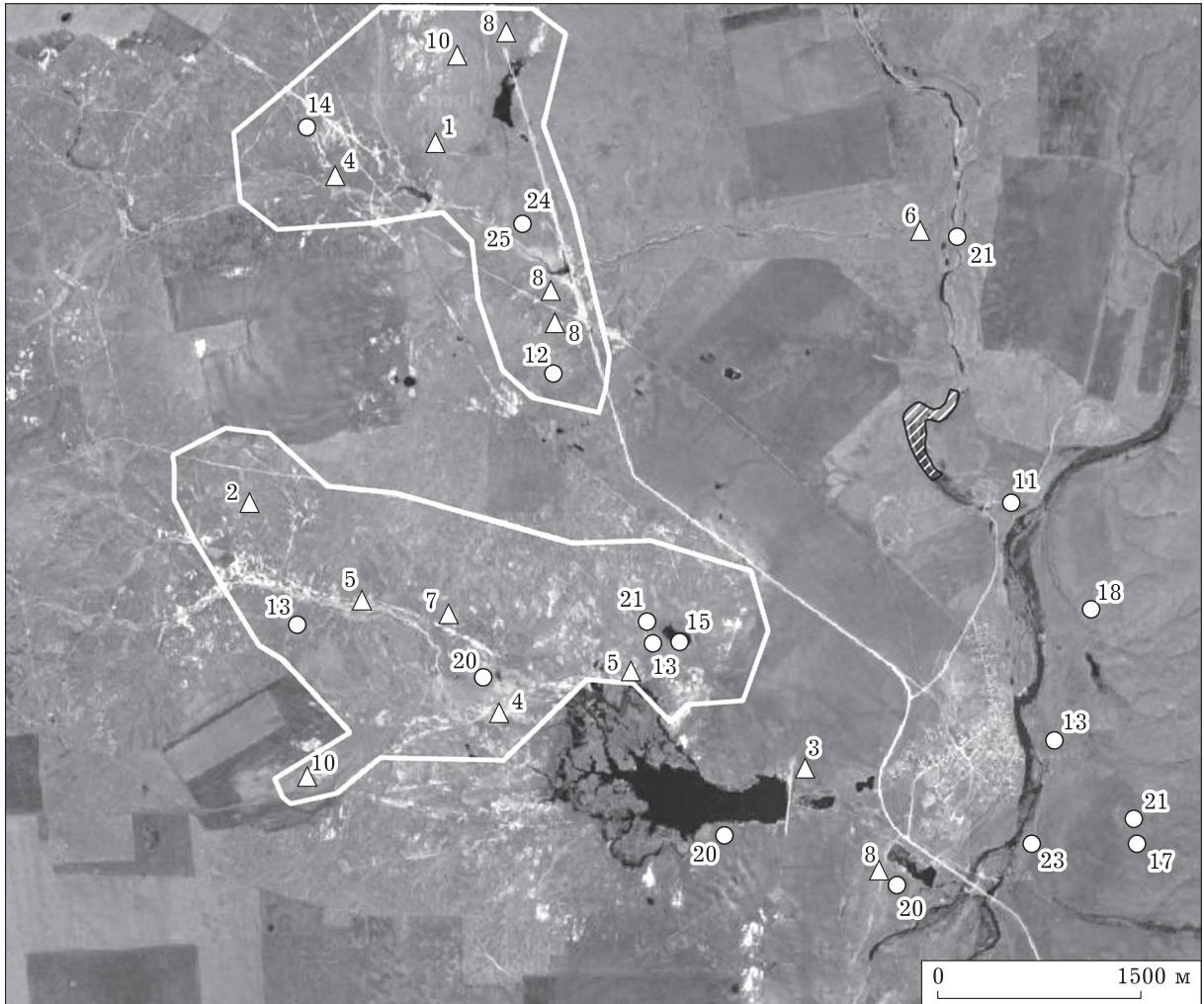


Рис. 6. Редкие и исчезающие виды растений, попадающие в границы участков предполагаемой комплексной ООПТ в ячейке 51-102 на апрельском космоснимке. Кружками отмечены виды, встречающиеся в существующих ООПТ, треугольниками – отсутствующие в существующих ООПТ. Предварительные границы новых участков ООПТ обведены белой линией, а штриховкой отмечен памятник природы “Пойма реки Макан”. Нумерация видов соответствует их нумерации в табл. 2. На рисунке не отмечены широко распространенные виды рода *Stipa*

разнообразие характерно для экотонных светлехвойно-широколиственных лесов, в составе которых в наиболее теплый период голоцена доминировали липа, дуб, клен и ильм, о чем свидетельствуют изолированные местообитания этих видов за пределами границ распространения широколиственных пород [Горчаковский, 1968]. Кроме того, относительная флористическая бедность светлехвойно-широколиственных лесов, видимо, объясняется также почвенно-геологическими условиями, в которых они распространены. Часть из них произрастает на кварцитовых породах (хр. Уралтау), глинистых и кремнистых слан-

цах (Зилаирское плато), на бедных минеральными и органическими веществами светло-серых горных лесных почвах.

Новая перспективная ООПТ на остепненном холме Ярыштау, выделенная при совмещении сеточной карты разнообразия редких видов и карты границ существующих ООПТ, обладает высокой плотностью произрастания редких видов. Из 16 этих видов 9 включены в Красную Книгу РФ [2008] и 6 являются эндемиками европейской части России. Большинство видов потенциальной ООПТ, за исключением *Medicago cancellata* Vieb. и *Agropyron fragile* (Roth) P. Candargy, пред-

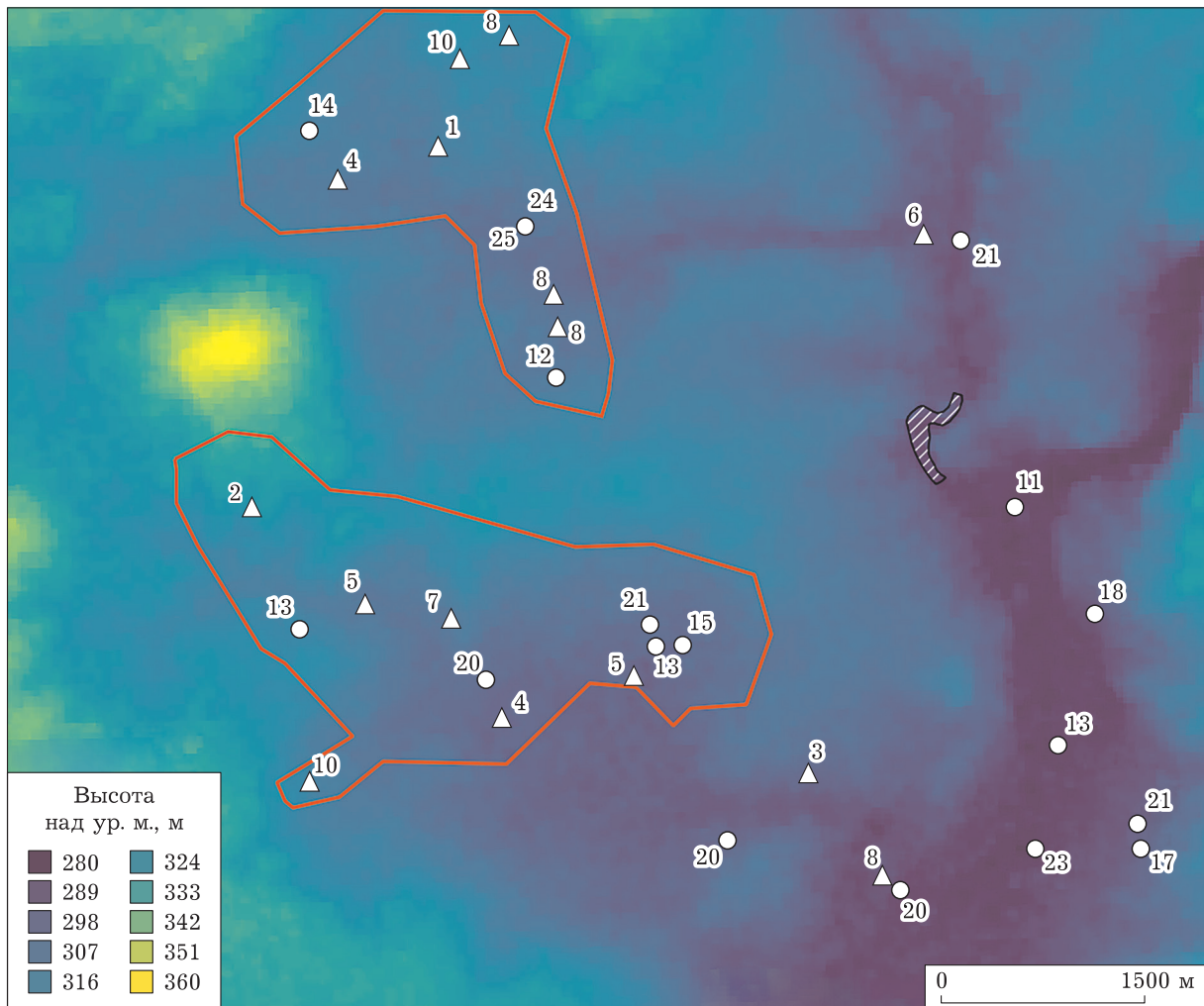


Рис. 7. Редкие и исчезающие виды растений, попадающие в границы участков предполагаемой комплексной ООПТ в ячейке 51-102, наложенные на цифровую модель рельефа. Кружками отмечены виды, встречающиеся в существующих ООПТ, треугольниками – не встречающиеся в существующих ООПТ. Предварительные границы новых участков ООПТ обведены красной линией, а штриховкой отмечен памятник природы “Пойма реки Мокан”. Нумерация видов соответствует их нумерации в табл. 2. На рисунке не отмечены широко распространенные виды рода *Stipa*

ставлено 17 и более локалитетами на территории РБ. Таким образом, участок степи на холме Ярыштау является одним из последних восточных форпостов европейских степей с высокой плотностью произрастания и разнообразием эндемичных видов, что может быть использовано в качестве обоснования для выделения новой ООПТ. Использование космоснимков позволило выявить границы современных пахотных полей и следы распахивания в прежние годы, что существенно сокращает временные затраты на уточнение границ перспективной ООПТ в полевой период.

Еще более актуальным является создание новых ООПТ с целью охраны редких видов, которые в настоящее время не отмечены на существующих ООПТ. Как уже было сказано, большая часть ячеек, в которые попали виды, не встречающиеся на ООПТ, занимает территории со степной и лесостепной растительностью. Это связано с тем, что основная часть крупных ООПТ республики расположена в лесных зонах. Исключением является природный парк “Аслы-Куль”, на территории которого произрастает 44 вида, занесенных в Красную книгу РБ [2011]. В выявленной

ячейке 51-102 с высоким разнообразием редких видов, не отмеченных на существующих ООПТ, есть ботанический памятник природы "Пойма реки Макан". Его границы установлены в 2003 г. в значительной степени по ландшафтному принципу. За прошедшие 17 лет появились новые сведения о местонахождениях редких видов, что создало потенциальную необходимость выделения новых ООПТ. На рис. 6 и 7 показаны две потенциальные области выделения новых ООПТ, которые могут быть объединены с памятником природы "Пойма реки Макан" в единый кластерный памятник природы. Однако в отличие от ячейки 31-79 степная растительность в ячейке 51-102 имеет большую мозаичность, что потребует больших объемов полевых исследований для уточнения границ этих участков.

Для поддержания численности редких и исчезающих видов в степных сообществах на предложенных новых ООПТ необходима умеренная пастбищная нагрузка, которая предотвращает губительное накопление мертвой массы (так называемой степной ветоши), поддерживает необходимый баланс между синтезом растительной массы и ее деструкцией, активизирует биологический круговорот в экосистеме, увеличивает биоразнообразие растительности. В то же время усиление выпаса может вызвать выпадение некоторых редких видов растений из травостоя и деградацию растительных сообществ [Мордкович и др., 1997; Чибилев, 1998; Beckage, Stout, 2000; Абатуров, 2006].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предлагаемые подходы с использованием ГИС-технологий могут быть эффективны для выявления очагов разнообразия и богатства редких видов растений, оценки репрезентативности охвата биоразнообразия редких и исчезающих видов системой ООПТ, а также для выявления и обоснования новых ООПТ. Эти подходы не исключают полевых исследований, но позволяют существенно снизить временные и финансовые затраты на оптимизацию охраны редких и исчезающих видов растений.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России № 075-00326-19-00 по теме № АААА-А18-118022190060-6 и при фи-

нансовой поддержке гранта РФФИ в рамках научного проекта № 19-34-90028.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Абатуров Б. Д. Пастбищный тип функционирования степных и пустынных экосистем // Успехи соврем. биологии. 2006. Т. 126, № 5. С. 435-447.
- Бикташев Т. У., Баишева Э. З., Федоров Н. И. Об основе для сеточного картирования флоры, растительности и биоресурсов Республики Башкортостан // Естеств. и техн. науки. 2019. № 10. С. 139-143. DOI: 10.25633/ETN.2019.10.22
- Горчаковский П. Л. Растения европейских широколиственных лесов на восточном пределе их ареала. Свердловск: Уральский рабочий, 1968. 207 с.
- Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2018 году". М.: Минприроды России; НПП "Кадастр", 2019. 844 с.
- Красная книга Республики Башкортостан. Т. 1. Растения и грибы / под ред. Б. М. Миркина. 2-е изд., доп. и перераб. Уфа: МедиаПринт, 2011. 384 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Т-во науч. изд. КМК, 2008. 885 с.
- Кревер В. Г., Стишов М. С., Онуфреня И. А. Особо охраняемые природные территории России: современное состояние и перспективы развития. М.: Орбис Пиктус, 2009. 456 с.
- Миркин Б. М., Мартыненко В. Б., Широких П. С., Наумова Л. Г. Анализ факторов, определяющих видовое богатство сообществ лесов Южного Урала // Журн. общ. биологии. 2010. Т. 71, № 2. С. 131-143.
- Мордкович В. Г., Гиляров А. М., Тишков А. А., Баландин С. А. Судьба степей. Новосибирск: Мангазея, 1997. 208 с.
- Санников П. Ю. Сеть особо охраняемых природных территорий Пермского края: современное состояние и перспективы развития: дис. ... канд. геогр. наук. Пермь: ПГНИУ, 2014. 207 с.
- Чепинова В. В., Петухин В. А. "Флора Центральной Сибири" (1979) – первый в России опыт массового картирования видов на сеточной основе // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: материалы VI Междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. Антонины Васильевны Положий (г. Томск, 24-26 октября 2017 г.). Томск, 2017. С. 115-117.
- Чибилев А. А. Степи Северной Евразии. Екатеринбург: УрО РАН, 1998. 192 с.
- Beckage B., Stout I. J. Effects of repeated burning on species richness in a Florida pine savanna: A test of the intermediate disturbance hypothesis // J. Veg. Sci. 2000. Vol. 11, N 1. P. 113-122. DOI: 10.2307/3236782
- Gillet F., Murisier B., Buttler A., Gallandat J.-D., Goba J.-M. Influence of tree cover on the diversity of herbaceous communities in subalpine wooded pastures // Appl. Veg. Sci. 1999. Vol. 2, N 1. P. 47-54. DOI: 10.2307/1478880
- Ko C. Y., Murphy S., Root T., Lee P. F. An assessment of the efficiency of protection status through determinations of biodiversity hotspots based on endemic bird species, Taiwan // J. Nat. Conservat. 2014. Vol. 22, N 6 P. 570-576. DOI: 10.1016/j.jnc.2014.08.012
- Márialigeti S., Tinya F., Bidló A., Ódor P. Environmental drivers of the composition and diversity of the herb

- layer in mixed temperate forests in Hungary // *Plant. Ecol.* 2016. Vol. 217, N 5 P. 549–563. DOI: 10.1007/s11258-016-0599-4
- Neufeld H. S., Young D. R. *Ecophysiology of the herbaceous layer in temperate deciduous forests // The herbaceous layer in forests of Eastern North America / Ed. F. S. Gilliam. N. Y.: Oxford University Press, 2014. P. 35–95. DOI: 10.1093/acprof:osobl/9780199837656.001.0001*
- Plue J., van Gils B., de Schrijver A., Peppler-Lisbach C., Verheyen K., Hermy M. Forest herb layer response to long-term light deficit along a forest developmental series // *Acta Oecol.* 2013. Vol. 53, November. P. 63–72. DOI: 10.1016/j.actao.2013.09.005
- Sentinel-2 // Copernicus. URL: <https://www.copernicus.eu/en/access-data>
- “USGS” // URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Van Couwenberghe R., Collet C., Lacombe E., Gergout J.-C. Abundance response of western European forest species along canopy openness and soil pH gradients // *For. Ecol. Manag.* 2011. Vol. 262, N 8. P. 1483–1490. DOI: 10.1016/j.foreco.2011.06.049
- Weiher E., Howe A. Scale-dependence of environmental effects on species richness in oak savannas // *J. Veg. Sci.* 2003. Vol. 14, N 6. P. 917–920. DOI: 10.1111/j.1654-1103.2003.tb02226.x

## Identification of areas of high diversity of rare plant species as a basis for assessment of representativeness and improvement of the nature protected areas network

N. I. FEDOROV, A. A. MUL DASHEV, V. B. MARTY NENKO, E. Z. BAISHEVA,  
P. S. SHIROKIKH, O. A. ELIZARYEVA, A. G. KUTUEVA

*Ufa Institute of Biology of UFRС RAS  
450054, Ufa, Prospekt Oktyabrya, 69  
E-mail: fedorov@anrb.ru*

The assessment of the representativeness of the protected areas is necessary to optimize the national and regional protected area networks, as well as to improve the protection of rare and endemic species. In the Republic of Bashkortostan (RB), an analysis of the distribution of rare vascular plant species in need of protection was carried out on the basis of a synthesis of all sources of high-precision geo-referenced data, i. e. the data bases of herbarium specimens and geobotanical relevés. The result of these works was the creation of a graphic database – GIS-map “The rare and endangered species of vascular plants of the Republic of Bashkortostan.” This GIS-map includes three main vector layers: a point layer containing information about 4932 rare species localities, a layer “Protected areas borders” and a grid layer, with cells 6' in latitude × 10' in longitude (10.8 × 10.2 km). Based on these layers and standard procedures of the QGIS 3.4 program, an algorithm has been developed to analyze the patterns of distribution of rare species throughout the region, as well as to identify areas with a high diversity of these species and their covering by the existing nature protected area network. On an example of two grid map cells with a high diversity of rare species the approaches to the identification and delineation of further sites of nature protected areas were considered using space images and a digital elevation model. In order to estimate the protection level of the unique combinations of rare species, the distribution of all set of these species within the existing protected areas was assessed. This allowed to justify the creation of two new nature protected areas. The proposed approach does not exclude, but significantly reduces the volume of field investigations, and can significantly reduce the time and financial costs of creation of new protected areas to optimize the protection of rare and endangered plant species.

**Key words:** rare and endangered plant species, biodiversity, Red Book, specially protected natural areas, grid mapping, GIS technology, Southern Urals.