

УДК 574.3:574.9:575.857:582.594.2

## ВЫДЕЛЕНИЕ МНОГОВИДОВЫХ ЭКОГЕОГРАФИЧЕСКИХ АГРЕГАЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЦЕЛЯХ ОРГАНИЗАЦИИ ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ФЛОРЫ РЕСПУБЛИКИ МАРИЙ ЭЛ)

© 2019 г. Г. О. Османова<sup>а</sup>, Г. А. Богданов<sup>б</sup>, Л. А. Животовский<sup>с, \*</sup>

<sup>а</sup>Марийский государственный университет, Институт естественных наук и фармации,  
ул. Осипенко, 60, Йошкар-Ола, 424002 Россия

<sup>б</sup>Государственный природный заповедник “Большая Кокшага”,  
ул. Воинов-Интернационалистов, 26, Йошкар-Ола, 424038 Россия

<sup>с</sup>Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, ул. Губкина, 3, Москва, 119991 Россия

\*e-mail: levazh@gmail.com

Поступила в редакцию 06.07.2018 г.

После доработки 15.08.2018 г.

Принята к публикации 29.01.2019 г.

Предложена концепция экогеографических агрегаций (ЭГА) видов растений, согласно которой популяции (экогеографические единицы, ЭГЕ) каждого вида объединяют в территориально связанные группы (агрегации), если они соседствуют друг с другом и обитают в сходных условиях. Выделение ЭГА основано на анализе тематических географических карт (почв, рельефа и пр.). Выделенные участки территории, занимаемые многовидовыми экогеографическими агрегациями, можно рассматривать как кандидатов на создание новых охраняемых природных территорий. В качестве примера рассмотрены 38 редких видов растений Республики Марий Эл. Показано, что популяции этих видов образуют 11 экогеографических агрегаций, которые лишь частично входят в состав существующих особо охраняемых природных территорий Республики.

**Ключевые слова:** экогеографическая единица, экогеографическая агрегация, редкие виды растений, особо охраняемые природные территории

**DOI:** 10.1134/S0367059719050093

Растение считается редким на данной территории, если оно встречается в небольшом числе местобитаний с низкой численностью. Редкие виды являются частью общего биоразнообразия, но из-за редкости и приуроченности к особым условиям обитания находятся на краю выживания и могут исчезнуть (особенно при антропогенном давлении), если не предпринимать усилий по их сохранению. Один из пионеров изучения редких видов [1] сказал: “Исчезнувший биологический вид – это то, что человеку восстановить не дано!”.

Главная причина исчезновения видов – изменение среды обитания. Сегодня губительные для многих видов изменения среды обусловлены хозяйственной деятельностью человека (распашка земель, выпас скота, осушение болот, ведение строительных работ и др.). Все это приводит к отчуждению территорий, занятых естественной растительностью. К исчезновению ряда видов растений ведет также загрязнение атмосферы и гидросферы, деградация почвенного покрова, нарушение стабильности биологических систем.

Другой причиной исчезновения растений являются изменения в окружающей среде, не связанные с деятельностью человека, – сильные засухи, лесные пожары неантропогенного происхождения, климатические изменения и пр. Некоторые виды, находящиеся на краю ареала и имеющие пониженные адаптационные возможности, гибнут, так как не в состоянии приспособиться к меняющимся условиям среды и не выдержав конкуренции со стороны других видов. Все перечисленные негативные факторы в первую очередь сказываются на редких видах [2].

Изучение редких видов является частью исследования общего биологического разнообразия, которое имеет важное прикладное значение, так как позволяет оценить уровень генетического потенциала, дает представление о состоянии экосистем на определенной территории, служит основой менеджмента отдельных видов. Редких видов много. Например, на территории Республики Марий Эл более 150 видов растений занесены в региональную или национальную Красные кни-

ги. Представляется важным определить места совместного обитания редких видов, чтобы обеспечить их одновременную охрану. Для этого следует выявить агрегации этих видов, основываясь на накопленной информации об их распространении и адаптации к условиям местообитаний.

Выделение крупных видовых единиц должно было бы методологически основываться на данных о спектре наследуемых признаков, обуславливающих адаптацию популяций данного вида к условиям своей среды обитания. Однако на сегодня такие данные недостижимы, ибо мало что известно о генетике адаптаций даже для хорошо изученных видов, несмотря на успехи широкогеномного секвенирования. Использование же ДНК-маркеров, многие из которых являются селективно нейтральными или близкими к тому, позволяет выделять различающиеся, изолированные друг от друга сегменты вида, но не осуществить дифференциацию популяций по адаптивным характеристикам. Таково положение дел для большинства редких видов травянистых растений. В качестве выхода из этой ситуации была предложена концепция *экогеографических единиц* (ЭГЕ, или EGU – ecoreographic unit), выделяемых для вида по доступным данным о градиентах среды обитания и миграционных особенностях (генных потоках), а затем тестируемых по показателям генетического сходства с помощью ДНК-маркеров [3, 4]. Следуя этой концепции, мы предложили учитывать важные для растений характеристики среды обитания – почвенные условия, типы растительности, особенности климата и др. – с помощью их картографического описания [5, 6].

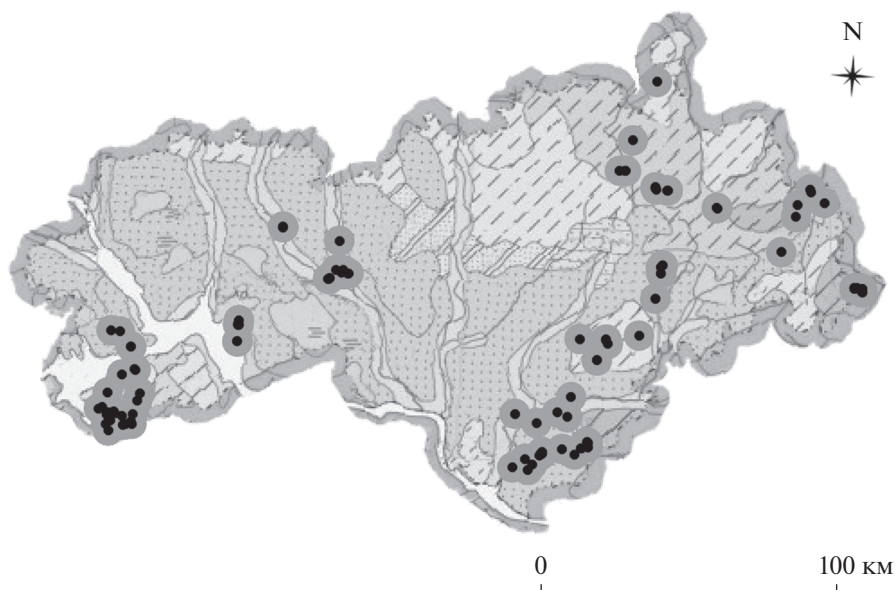
Согласно предложенному подходу [5, 6], экогеографическая единица (ЭГЕ) данного вида растений выделяется как совокупность географически близких популяций (ценопопуляций), которые занимают территорию, относительно однородную по указанным выше, важным для этого вида характеристикам среды, и связаны друг с другом потенциальными генными потоками. (Под “потенциальным” генным потоком понимается возможность обмена между популяциями за одно или несколько поколений; для приблизительной оценки дальности потенциального генного потока мы условно выбираем величину, кратную радиусу разноса пыльцы и диаспор (семян, плодов, спор и др.), известную из полевых наблюдений.) Мы решили применить этот подход для выделения совокупности экогеографических единиц редких видов растений на примере флоры Республики Марий Эл.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были выбраны 38 редких видов растений разных жизненных форм и семейств, причем только те, все основные местообитания которых в Республике Марий Эл были

известны. В результате такого выбора рассмотренные виды характеризовались наличием одной уникальной ценопопуляции или небольшим числом ценопопуляций: **Apiaceae** – берула прямая (*Berula erecta* (Huds.) Hoffm.), лазурник трехлопастной (*Laser trilobum* (L.) Borkh.), морковь дикая (*Daucus carota* L.), мордовник шароголовый (*Echinops schaeerocephalus* L.); **Araceae** – аир обыкновенный (*Acorus calamus* L.); **Aspleniaceae** – коостенец постенный (*Asplenium ruta-muraria* L.); **Asteraceae** – василек ложнопятнистый (*Centaurea pseudomaculosa* Dobroc.); **Athyriaceae** – голокучник Роберта (*Gymnocarpium robertianum* (Hoffm.) Newm.), диплазий (орлячок) сибирский (*Diplazium sibiricum* (Turcz. ex Kunze) Kurata); **Boraginaceae** – пупочник ползучий (*Omphaloides scorpioides* (Hanke) Schrank); **Botrychiaceae** – гроздовник ромашколиственный (*Botrychium matricariifolium* A.Br. ex Koch); **Brassicaceae** – зубянка пятилистная (*Dentaria quinquefolia* Bieb.), лунник оживающий (*Lunaria rediviva* L.); **Cyperaceae** – осока малоцветковая (*Carex pauciflora* Lightf.), осока метельчатая (*Carex paniculata* L.); **Dipsacaceae** – короставник татарский (*Knautia tatarica* (L.) Szabo); **Dryopteridaceae** – многорядник Брауна (*Polystichum braunii* (Spenn) Feé); **Fabaceae** – астрагал серповидный (*Astragalus falcatulus* Lam.), вязель пестрый (*Coronilla varia* L.), дрок германский (*Genista germanica* L.), люпинник пятилистный, или клевер люпиновый узколистный (*Lupinaster pentaphylloides* Moench ssp. *angustifolius* (Litv.) Soják), остролодочник волосистый (*Oxytropis pilosa* (L.) DC.); **Fumariaceae** – хохлатка Маршалла (*Corydalis marschalliana* (Pall. ex Willd.) Pers.); **Lamiaceae** – тимьян блошиный (*Thymus pulegioides* L.), шалфей мутноватый (*Salvia verticillata* L.); **Najadaceae** – наяда большая (*Najas major* All.), наяда гибкая (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. et Schmidt); **Oleaceae** – ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.); **Ophioglossaceae** – ужомник обыкновенный (*Ophioglossum vulgatum* L.); **Orchidaceae** – калипсо луковичная (*Calypso bulbosa* (L.) Oakes); **Ranunculaceae** – ветреничка алтайская (*Anemoneides altaica* (C.A. Mey.) Holub); **Rosaceae** – кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blatt), морощка приземистая (*Rubus chamaemorus* L.); **Scrophulariaceae** – мытник скипетровидный (*Pedicularis sceptrum-carolinum* L.); **Trapaaceae** – водяной орех, чилим плавающий (*Trapa natans* L. s.l.); **Zannichelliaceae** – занникеллия ползучая (*Zannichellia repens* Boenn.).

Данные о распространении вида в Республике Марий Эл взяты из Красной книги [7] и других наших материалов. В качестве меры связности местообитаний одного вида возможными генными потоками в чреде поколений мы выбрали 5-километровый радиус вокруг каждого местообитания исследованных нами видов. При описании среды обитания подробно анализировали характеристики условий среды, в частности карто-



**Рис. 1.** Местообитания исследованных 38 редких видов (черные точки), спроецированные на почвенную карту Республики Марий Эл; серые кружочки – 5-километровые зоны вокруг каждого местообитания каждого вида.

графические данные по типам почв [8], рельефу [9] и охраняемым природным территориям [10] Республики Марий Эл.

Для подразделения территории на однородные участки использовали ГИС-технологии анализа тематических географических карт [11]. Для этого в программный пакет QGIS 2.18.15 [11] загружали карты типов почв, рельефа и других параметров, а на них проецировали местообитания исследованных видов с известными координатами. Затем вокруг каждого местообитания описывали круг радиусом 5 км; соседние местообитания считали связными, если эти круги пересекались. Кроме того, если связные местообитания характеризовались одним типом почв, одним типом рельефа и т.п., их относили к одной экогеографической единице (ЭГЕ; см. [5, 6]). Каждая ЭГЕ может состоять как из одного, так и из нескольких местообитаний данного вида. Никаких априорных ограничений на число местообитаний в одном ЭГЕ, на площадь и количество разных ЭГЕ одного и того же вида в данном регионе не налагается.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

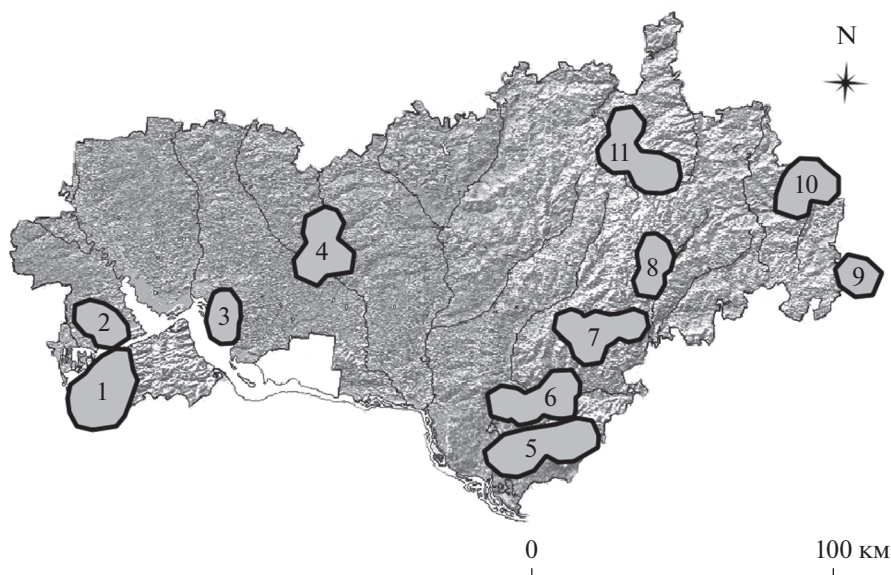
Согласно физико-географическому районированию Республики Марий Эл [12], исследованные нами виды можно отнести к лесостепной области возвышенного Предволжья, южно-таежной области Марийской низменности и южно-таежной области возвышенности Вятского увала (рис. 1).

Используя наш подход [5, 6], для каждого из 38 видов мы выделили экогеографические едини-

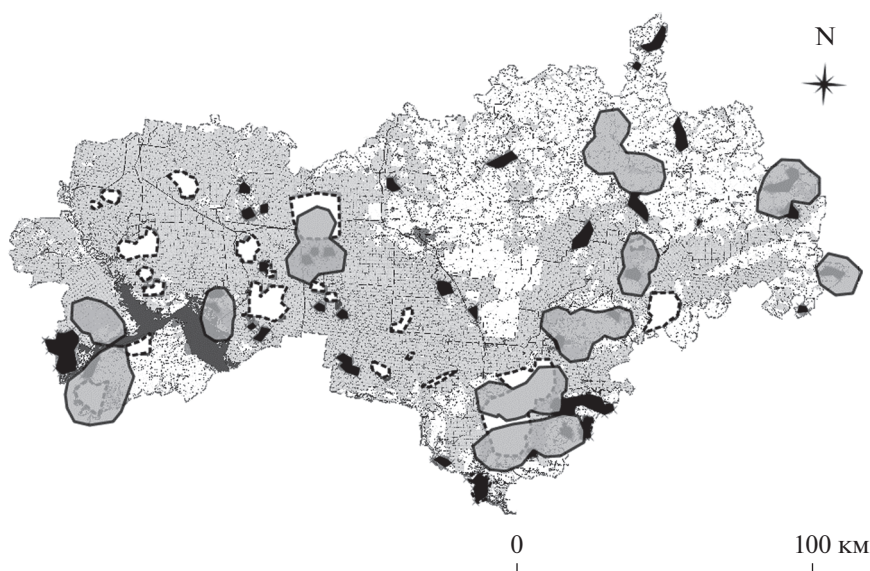
цы (ЭГЕ). Экогеографические единицы двух или большего числа разных видов, расположенные территориально близко друг к другу и находящиеся в сходных почвенных и иных условиях, можно объединить в многовидовые *экогеографические агрегации* (ЭГА). Всего нами выделено 11 ЭГА исследованных редких видов Республики Марий Эл (рис. 2).

Возникает вопрос, с какими условиями среды обитания связана тесная пространственная кластеризация экогеографических единиц разных видов, позволяющая объединить их в экогеографические агрегации? Рассмотрим отдельные ЭГА.

Первая экогеографическая агрегация (ЭГА-1) состоит из ЭГЕ шести видов (см. рис. 2). Данная локальность для пяти из этих видов является северной или северо-восточной границей их ареалов [7], шестой вид – ужовник обыкновенный – циркумбореальный вид и приурочен в основном к лесной зоне и лесному поясу гор, что отличает южную часть Горномарийского района, занимаемую ЭГА-1. Другой пример – самая большая по числу видов экогеографическая агрегация ЭГА-5, которая включает семь видов, относящихся к разным жизненным формам и экологическим группам. ЭГА-5 находится в Волжском районе, который является северной границей всех этих видов. Отметим также, что большинство других экогеографических агрегаций (№ 6–8, 11) сконцентрированы в зоне Марийско-Вятского увала, сложное развитие которого вызвано тектоническими движениями [13]. Здесь отмечены карбонатные почвы и близкое залегание мергелей, что является предпочтительным для включенных в эти агре-



**Рис. 2.** Участки территории, занимаемые многовидовыми экогеографическими агрегациями исследованных редких видов (1–11), спроецированные на карту рельефа Республики Марий Эл: ЭГА-1: *C. marschalliana*, *D. carota*, *D. quinquefolia*, *F. excelsior*, *N. major*, *O. vulgatum*; ЭГА-2: *A. calamus*, *F. excelsior*, *T. natans*; ЭГА-3: *C. paniculata*, *P. sceptrum-carolinum*; ЭГА-4: *B. matricariifolium*, *C. pauciflora*, *G. germanica*, *N. major*, *R. chamaemorus*; ЭГА-5: *C. varia*, *L. pentaphylloides*, *L. trilobum*, *O. scorpioides*, *O. vulgatum*, *Th. pulegioides*, *Z. repens*; ЭГА-6: *B. erecta*, *C. pauciflora*, *K. tatarica*, *N. flexilis*, *O. vulgatum*; ЭГА-7: *D. sibiricum*, *G. robertianum*, *L. rediviva*, *O. vulgatum*, *P. braunii*; ЭГА-8: *A. rutamuraria*, *C. melanocarpus*, *D. sibiricum*, *G. robertianum*, *O. pilosa*; ЭГА-9: *A. falcatus*, *E. schaeerocephalus*, *O. pilosa*; ЭГА-10: *A. falcatus*, *C. pseudomaculosa*, *O. pilosa*; ЭГА-11: *C. bulbosa*, *D. sibiricum*, *S. verticillata*.



**Рис. 3.** Расположение существующих и планируемых охраняемых территорий и участков многовидовых экогеографических агрегаций в Республике Марий Эл: сплошной границей выделены участки территории, занимаемые экогеографическими агрегациями (их номера см. на рис. 2); сквозь них просвечивают границы охраняемых территорий; белые области с пунктирными границами – это существующие заказники, памятники природы и ООПТ федерального значения; зачерненные области – проектируемые охраняемые территории.

гации видов и привело к группированию ценопопуляций указанных видов на одних и тех же участках.

Следует отметить, что далеко не все из этих участков входят в существующие или планируе-

мые природоохранные зоны, несмотря на то, что обширная географическая сеть ООПТ Республики Марий Эл охватывает основные типы ландшафтов – лесные, луговые, водные и болотные (рис. 3).

Выделенные нами участки территории, занимаемые многовидовыми экогеографическими агрегациями редких видов растений (см. рис. 3), можно рассматривать как кандидатов на создание новых охраняемых природных территорий в Республике Марий Эл. Особенно это важно для входящих в агрегации видов, находящихся на грани исчезновения, например для водных растений *Najas major*, *Najas flexilis*, *Zannichellia repens* и *Trapa natans*: загрязнение и эвтрофикация водоемов привели к резкому сокращению популяций этих видов. Добавим, что, помимо многовидовых экогеографических агрегаций, внимания требуют и те редкие виды, которые не вошли ни в одну из выделенных ЭГА, например *Anemonoides altaica*, — для них необходима организация видовых заказников.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реализация нашего подхода к выделению экогеографических единиц (ЭГЕ) растений и экогеографических агрегаций (ЭГА) редких видов основывается на информации, полученной из тематических географических карт и Красных книг. Определение экогеографических агрегаций редких видов позволяет подойти к выделению ООПТ научно обоснованными методами. Например, на территории Республики Марий Эл мы предлагаем расширить границы существующих и проектируемых ООПТ с включением в их состав сопредельных территорий, на которых выделены экогеографические агрегации (ЭГА-1, 4–6, 9, 10), и создать новые ООПТ, включающие другие ЭГА (с учетом имеющихся коммуникаций, сельскохозяйственных угодий и других ограничений).

Создание и ведение региональных и национальных карт растительности, почв, климата и Красных книг стало значительным шагом в деле защиты природы и объектов животного и растительного мира. Их основное предназначение — это накопление и распространение научно обоснованной информации о природном разнообразии, в т.ч. редких, исчезающих и находящихся под угрозой исчезновения представителях флоры и фауны. Такая информация важна для разработки и реализации мер по охране, восстановлению и рациональному использованию биоразнообразия, в т.ч. при выработке рекомендаций по выделению охраняемых природных территорий.

Работа выполнена в рамках темы ГЗ 0112-2019-2 (подтема “Эколого-генетическая структура вида”).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Флинт В.Е.* Стратегия сохранения редких видов в России: теория и практика. М.: Московский зоопарк, 2004. 376 с.
2. *Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А.* Популяции редких видов растений (Теоретические основы и методика изучения). Сумы: ООО “ИТД “Университетская книга””, 2013. 439 с.
3. *Животовский Л.А.* Популяционная структура вида: Экогеографические единицы и генетическая дифференциация популяций // Биология моря. 2016. Т. 42. С. 323–333.
4. *Животовский Л.А.* Две ветви исследований популяционной структуры вида — экологическая и генетическая: история, проблемы, решения // Генетика. 2017. Т. 53. С. 1244–1253.
5. *Животовский Л.А., Османова Г.О.* Эколого-географический подход к выявлению популяционной структуры вида у растений // Экология и география растений и растительных сообществ: Труды конф. Екатеринбург, 2018. С. 282–285.
6. *Животовский Л.А., Османова Г.О.* Популяционная структура вида у растений: экогеографические единицы // Изв. РАН. Сер. биологич. (принята к печати).
7. Красная книга Республики Марий Эл. Т. “Растения. Грибы” // Составители Г.А. Богданов, Н.В. Абрамов, Г.П. Убранавичюс, Л.Г. Богданова. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. 324 с.
8. Национальный атлас почв Российской Федерации. <https://soilatlas.ru/> (дата обращения: 04.01.2018).
9. Карта рельефа Республики Марий Эл [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Relief\\_map\\_of\\_Mari\\_El.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Relief_map_of_Mari_El.png) (дата обращения: 11.01.2018).
10. *Богданов Г.А., Демаков Ю.П., Исаев А.В.* Схема развития сети ООПТ РМЭ. Йошкар-Ола, 2015. 125 с. <https://b-kokshaga.ru/science/production/> (дата обращения: 11.01.2018).
11. Quantum GIS. 2017. <<http://www.gisenglish.com/2017/12/download-free-qgis-21815-for-windows.html>> (дата обращения: 21.12.2017).
12. *Ступишин А.В., Лантеева Н.Н., Васильева Д.П.* Физико-географическое районирование территории Марийской АССР // Географический сборник. № 4. Казань: КГУ, 1969. С. 3–8.
13. *Васильева Д.П.* Ландшафтная география Марийской АССР. Йошкар-Ола: Мар. кн. изд-во, 1979. 134 с.