

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ С УЧАСТИЕМ РЕЛИКТОВОГО ВИДА КАРАГАНЫ ГРИВАСТОЙ В ЮЖНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ

А.Г. Чурюлина¹, М.В. Бочарников²^{1,2} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра биогеографии¹ Канд. геогр. наук; e-mail: agchurylina@gmail.com² Доц., канд. геогр. наук; e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru

Составлена аналитическая фитоэкологическая карта растительных сообществ с различным вероятным участием редкого реликтового вида караганы гривастой (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) в Южном Прибайкалье (масштаб 1:550 000). За основу взят оригинальный полевой материал – местонахождения караганы гривастой с известным проективным покрытием (%), которое создают ее популяции в сообществах. Карта является результатом регрессионной модели и составлена с использованием данных цифровой модели рельефа и летних космических снимков Landsat-8 (NASA, USGS), покрывающих территорию исследования. В основу легенды карты положена географо-генетическая классификация растительности, использованная в легенде карты «Растительность юга Восточной Сибири». Выявлено возможное распространение сообществ с различным участием караганы гривастой в Южном Прибайкалье в связи с дифференциацией экологических условий горных склонов разных высотных поясов. Пригодными местообитаниями караганы гривастой здесь являются крутые (до 25–30°) каменистые склоны в горнотаежном и высокогорных поясах. Самостоятельные сообщества вид образует в подгольцовом поясе, характерными спутниками выступают *Dasiphora tenuifolia*, *Betula fruticosa*, *Carex pediformis* и др. Наибольшее сосредоточение редких сообществ с участием караганы гривастой приурочено к высокогорьям (1800–2000 м над уровнем моря), что подтверждает горный характер этого реликтового вида. По мере уменьшения отметок абсолютных высот снижается степень проективного покрытия вида в составе растительных сообществ. Карта передана в Тункинский национальный парк и может служить основой для разноплановых исследований в области сохранения редких видов растений и редких растительных сообществ региона.

Ключевые слова: редкий вид, фитоэкологическая карта, регрессионная модель, мониторинг состояния, охрана редких фитоценозов

DOI: 10.55959/MSU0579-9414-5-2022-6-149-156

ВВЕДЕНИЕ

Эколого-географический подход к изучению ботанического разнообразия позволяет выявить закономерности пространственной организации растительного покрова гор Сибири [Огуреева, 2012]. Особенно важным является учет редких и уязвимых видов растений, сохранение их местообитаний. Охрана редких видов в рамках глобального поддержания биологического разнообразия предусматривает сохранение сообществ, элементами которых они являются [Зеленая книга Сибири..., 1996; Крестов, Верхолат, 2002; Бойков, 2005].

Оценить потенциальное распространение редких видов и их приуроченность к различным местообитаниям в настоящее время стало возможным благодаря развитию и усовершенствованию современных технологий. Моделирование потенциальных ареалов, а также построение прогнозных моделей распространения вида в зависимости

от различных факторов применяются в международных [Ward, 2007; Zhang et al., 2018] и российских [Санданов, Найданов, 2015; Чурюлина, Бочарников, 2019а, 2019б; Чурюлина, 2020] исследованиях.

Региональное картографирование редких видов и сообществ позволяет дать объективную характеристику информации об их встречаемости в регионе. Графическое отображение позволяет проанализировать орографические и экологические особенности местообитаний, выявить закономерности географического распространения видов, является исходной информацией для оценки статуса редких видов растений и сообществ в регионе, проведения мониторинга состояния редких видов и разработки рекомендаций по их охране и сохранению местообитаний в условиях охраняемой территории [Огуреева, 1999; Емельянова, Огуреева, 2006; Новицкая, Суворов, 2016].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования. Карагана гривастая (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) является реликтом плиоценового периода [Комаров, 1909; Zhang et al., 2016], образует самостоятельные сообщества в подгольцовом поясе у верхней границы леса (1600–1800 м над уровнем моря), встречается в составе нижней полосы горных тундр (1800–2000 м над уровнем моря) либо спускается в горнотаежный пояс по речным долинам (1400–1600 м над уровнем моря). Реликтовая природа караганы и ее произрастание совместно с другими редкими растениями из Красной книги, образующих с ней в том числе редкие растительные сообщества, подвигли на проведение полевых исследований растительного покрова Южного Прибайкалья на базе Тункинского национального парка. Это регион оптимального произрастания вида, характеризующийся наибольшей плотностью его известных местонахождений [Чурюлина и др., 2020].

Статус Тункинского национального парка как особо охраняемой природной территории диктует необходимость картографического обеспечения мониторинга состояния редких растительных сообществ его экосистем.

Цель работы – выявление закономерностей распространения редкого реликтового вида караганы гривастой в различных типах растительности в Южном Прибайкалье в связи с дифференциацией экологических условий горных склонов разных высотных поясов.

Территория исследования. Тункинский национальный парк расположен в Тункинском районе Республики Бурятия на южных склонах хребтов Хамар-Дабан и Восточный Саян и в Тункинской котловине [Национальный..., 2021]. Часть его территории включена в состав Байкальского участка Всемирного природного наследия и расположена в центральной экологической зоне Байкальской природной территории. Согласно природному районированию [Атлас Забайкалья, 1967], выбранная территория относится к Южно-Сибирской горной области и двум провинциям: Окинско-Тункинской горнотаежно-гольцовой и Джидинско-Нижнеселенгинской котловинно-горнотаежной.

Входные данные. В основу работы положены оригинальные данные полевых исследований 2019 г. в Тункинском национальном парке, включающие местонахождения караганы гривастой с ее известным проективным покрытием в том или ином сообществе. Изучение флоры и растительности велось маршрутным методом. В силу редкости исследуемого вида и его ограниченного распространения всего удалось зафиксировать 11 мест произрастания

караганы гривастой в сообществах на различных высотных поясах (от 887 до 1961 м над уровнем моря). Эти данные были заложены в основу модели. Для корректировки полученной информации по модели были дополнительно учтены еще 64 локации караганы гривастой на исследуемой территории, взятые из литературных источников и гербарных коллекций (международные акронимы LE, MAG, MHA, MW, MWG, NS, NSK, TK, VBGI, VLA).

Схема выбранной для исследования территории с указанием местонахождений караганы гривастой, полученных в полевой сезон 2019 г. и из различных источников, представлена на рис. 1.

Методика моделирования. Результаты полевых исследований легли в основу регрессионной модели с целью построения среднемасштабной карты растительных сообществ с различным вероятным участием караганы гривастой. Вся работа условно разделена на три этапа: а) подготовительный, включающий сбор пространственных данных и расчет необходимых переменных; б) непосредственно регрессионный анализ; в) составление карты растительных сообществ с участием караганы гривастой в Тункинском национальном парке.

Пространственными данными для регрессионного анализа послужили: а) глобальная цифровая модель рельефа Shuttle radar topography mission (SRTM) с разрешением 30 м (1 arc-second for global coverage); б) мультиспектральные изображения среднего разрешения (30 м) спутника Landsat-8 [USGS, 2021]. На основе цифровой модели рельефа были рассчитаны три переменные рельефа: абсолютная высота (elevation), крутизна (slope) и экспозиция (aspect) склона. Использование спутниковых снимков позволило провести дешифрирование растительного покрова, рассчитать вегетационный индекс (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) и получить дополнительные переменные с информацией о ключевых экологических характеристиках в местах произрастания исследуемого вида (компоненты линейного преобразования Кау-та–Томаса – Brightness, Greenness, Wettness).

С помощью преобразования *методом главных компонент* были получены пять компонент с распределением в них основной доли информации об условиях произрастания вида на основе 13 переменных: абсолютная высота, крутизна и экспозиция склона, NDVI, Brightness, Greenness, Wettness, 2–7-й каналы спутниковых изображений, расшифровка которых приведена в таблице.

Перед началом самого регрессионного анализа была проведена *оценка корреляционной зависимости* переменной проективного покрытия вида с переменными рельефа (высота, крутизна и экспозиция склона), каналами спутникового изображения

(2–7-й), вегетационным индексом (NDVI), компонентами линейного преобразования Каута–Томаса (Brightness, Greenness, Wetness) и результатом метода главных компонент (пять компонент). Для уменьшения неточности расчета переменные, коррелирующие между собой, были исключены.

Регрессионный анализ проведен методом билинейной интерполяции. В качестве входных данных использованы выбранные методом главных ком-

понент и с учетом корреляционных зависимостей следующие характеристики: *абсолютная высота, крутизна и экспозиция склона, Greenness, 5-я компонента*. Результатом регрессионного анализа служит модель проективного покрытия вида на выбранной территории. Статистическая оценка результатов свидетельствует о хорошем качестве регрессионной модели – коэффициент детерминации равен 0,90.

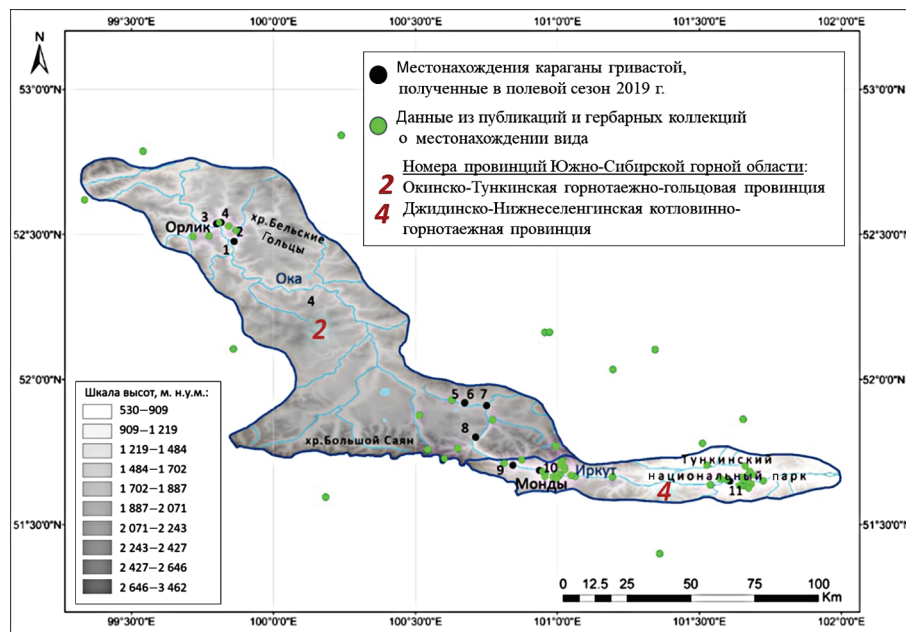


Рис. 1. Схема территории исследования с указанием ее провинций и местонахождений караганы гривастой, полученных в полевой сезон 2019 г. и из различных источников

Fig. 1. Scheme of the study area with indication of the provinces and locations of *Caragana jubata*, according to 2019 field observations and other sources

Таблица

Описание каналов спутника Landsat-8 [Learn ArcGIS, 2021]

№ канала	Название канала	Что этот канал лучше показывает
2	Blue	Глубоководья, атмосфера
3	Green	Растительность
4	Red	Антропогенные объекты, почвы, растительность
5	Near Infrared	Береговые линии, растительность
6	ShortWaveInfrared_1	Проницаемость облачности, влажность почв и растительности
7	ShortWaveInfrared_2	Улучшенная проницаемость облачности, влажность почв и растительности

Полученная регрессионная модель была перенесена на *картографическую основу*. Оценочная шкала регрессионной модели, отображающая потенциальное проективное покрытие караганы гривастой в растительных сообществах, была разбита на три

категории: низкое проективное покрытие (от 0 до 30% на пробную площадь), среднее (от 31 до 60%) и высокое (61% и более). На карте в дальнейшем при визуализации результатов использовались две последние категории – среднее и высокое потенци-

альное проективное покрытие караганы гривастой в растительных сообществах с отображением выделов участков зеленым и красным контурами соответственно. В основу легенды карты «Растительные сообщества с участием караганы гривастой...» положена географо-генетическая классификация растительности, использованная в легенде карты А.В. Белова (1972) «Растительность юга Восточной Сибири». Высшими иерархическими категориями приняты высотно-поясные подразделения расти-

тельности. В их пределах опорные картографические единицы расположены по формационному принципу. Легенда карты включает десять тематических выделов, в том числе семь для высокогорных южносибирских формаций, три – для горнотаежных (рис. 2).

Все расчеты с пространственными данными, а также нанесение результатов модели на картографическую основу произведены в программах Microsoft Office Excel, SAGA GIS и ArcGIS 10.3.1 (ESRI).

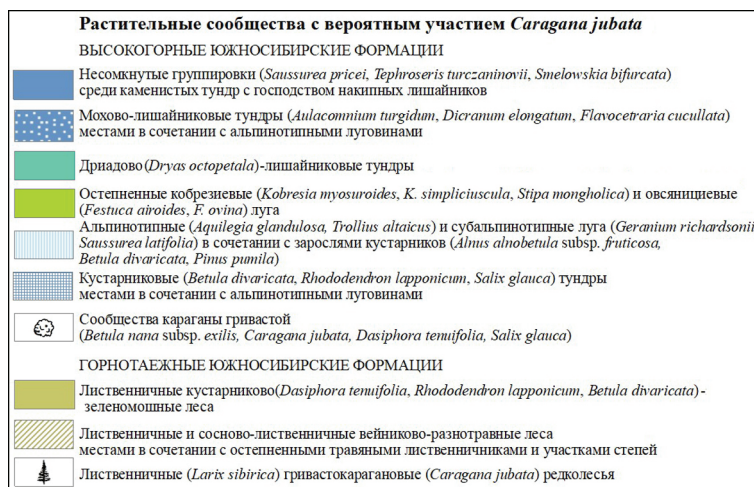


Рис. 2. Фрагмент легенды карты «Растительные сообщества с участием караганы гривастой (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) в Тункинском национальном парке», масштаб 1:550 000 [Чурюлина, 2021]

Fig. 2. Fragment of the legend of the map “Plant communities with *Caragana jubata* (Pall.) Poir. in the Tunkinsky National Park”, scale 1:550 000 [Churiulina, 2021]

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Составлена аналитическая фитоэкологическая карта растительных сообществ с участием караганы гривастой для территории Тункинского национального парка (Республика Бурятия) в масштабе 1:550 000. Площадь картографирования – 6907 км². Карта отображает степень потенциального проективного покрытия караганы гривастой в различных типах растительности.

Анализ среднemasштабной карты позволил выявить связь распределения растительных сообществ, в которых реликтовому виду – карагане гривастой принадлежит различная роль, с геоморфологическим строением территории и структурой растительного покрова. Наблюдаются различия в степени проективного покрытия этих сообществ между провинциями Южно-Сибирской горной области. В Джидинско-Нижнеселенгинской котловинно-горнотаежной провинции по данным модели отмечается произрастание сообществ с караганой гривастой только со средним проективным покрытием вида (от 31 до 60%) преимущественно

в листоветочных (*Larix sibirica* Ledeb.) – кустарниково (*Rhododendron lapponicum* (L.) Wahlenb., *Betula divaricata* Ledeb.)-зеленомошных лесах. В котловине, занимающей большую часть рассматриваемой провинции, вероятность произрастания редкого вида караганы гривастой возможна в составе различных растительных сообществ с проективным покрытием вида до 30%. Отображение формаций с низким проективным покрытием в них караганы гривастой в задачи исследования не входило.

Гораздо большим разнообразием местообитаний с вероятным произрастанием караганы гривастой в растительных сообществах горнотундрового и горнотаежного поясов характеризуется Окинско-Тункинская горнотаежно-гольцовая провинция. Это как дриадово (*Dryas octopetala* L.)-лишайниковые тундры и кобрезиевые (*Kobresia myosuroides* (Vill.) Fiori, *K. simpliciuscula* (Wahlenb.) Mack., *Stipa mongholica* Turcz. ex Trin.) луга в высокогорьях хребтов, так и листоветочные, сосново-листоветочные леса и редколесья на склонах невысоких хребтов и в долинах горных рек.

Значительное участие караганы гривастой в высокогорных сообществах с высоким проективным покрытием вида (61% и более) характерно для наиболее высоких горных хребтов: хребет Большой Саян (до 2500 м над уровнем моря), Тункинские гольцы (2300 м над уровнем моря) и Китойские гольцы (1800 м над уровнем моря). Здесь карагана способна образовывать самостоятельные сообщества среди каменистых и мохово-лишайниковых тундр. Сообщества с по-

тенциально высоким проективным покрытием этого редкого вида по данным модели могут произрастать в юго-западной оконечности Окинского хребта и иметь приуроченность к лиственничным и сосново-лиственничным вейниково-разнотравным лесам с участками степей.

Рассмотрим подробнее типологическое разнообразие растительного покрова национального парка на примере фрагмента карты на часть района исследования (рис. 3).

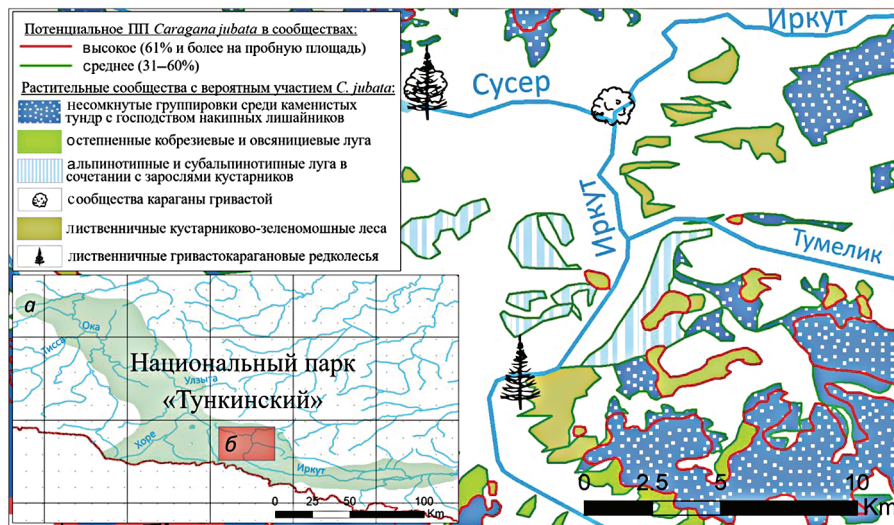


Рис. 3. Фрагмент карты «Растительные сообщества с участием караганы гривастой (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) в Тункинском национальном парке», масштаб 1:550 000 [Чурюлина, 2021]: а – территория картографирования; б – покрытие фрагментом карты

Fig. 3. Fragment of the map “Plant communities with *Caragana jubata* (Pall.) Poir. in the Tunkinsky National Park”, scale 1:550 000 [Churiulina, 2021]: а – mapping area; б – coverage with a map fragment

Наибольшее сосредоточение редких сообществ с вероятным участием караганы гривастой приурочено к высокогорьям, где вид имеет степень проективного покрытия более 60%. На карте эти области отмечены красным контуром – высокогорные формации мохово-лишайниковых тундр (*Aulacomnium turgidum* (Wahlenb.) Schwägr., *Dicranum elongatum* Schleich. ex Schwägr., *Flavocetraria cucullata* (Bellardi) Kärnefelt & A. Thell) местами в сочетании с альпинотипными луговинами. Сообщества со средним проективным покрытием караганы (от 31 до 60%) приурочены преимущественно к более низким позициям на склонах хребтов. На карте эти области отмечены зеленым контуром и представлены высокогорными формациями альпинотипных (*Aquilegia glandulosa* Fisch. ex Link., *Trollius altaicus* C.A. Mey) и субальпинотипных лугов (*Geranium richardsonii* Fisch. & Trautv., *Saussurea latifolia* Ledeb.) в сочетании с зарослями кустарников (*Alnus alnobetula* subsp. *fruticosa* (Rupr.) Raus, *Betula divaricata*, *Pinus pumila*

(Pall.) Regel) и остепненных кобрезиевых (*Kobresia myosuroides*, *K. simpliciuscula*, *Stipa mongholica*) и овсяницеовых (*Festuca airoides* Lam., *F. ovina* L.) лугов; горнотаежной формацией лиственничных кустарниково- (*Dasiphora tenuifolia* (Willd. ex Schltdl.) Y.C. Zhu, *Rhododendron lapponicum*, *Betula divaricata*)-зеленомошных лесов.

ВЫВОДЫ

Аналитическая фитоэкологическая карта распространения сообществ с вероятным участием караганы гривастой в Южном Прибайкалье дает представление о типологическом разнообразии и их высотно-поясной приуроченности в связи с экологическими условиями местообитаний. Пригодными местообитаниями караганы гривастой здесь являются крутые (до 25–30°) каменистые склоны в горнотаежном и высокогорных поясах.

В пределах исследуемой горной территории наблюдается вероятное участие караганы гривастой

в различных растительных сообществах южносибирских формаций в разных высотных поясах: от самостоятельных карагановых зарослей в горнотундровом до лиственничных редколесий в горнотаежном поясах. Наибольшее сосредоточение редких сообществ с участием караганы гривастой приурочено к высокогорьям (1800–2000 м над уровнем моря), что подтверждает горный характер этого реликтового вида. Самостоятельные сообщества вид образует в подгольцовом поясе, характерными спутниками выступают *Dasiphora tenuifolia*, *Betula fruticosa*, *Carex pediformis* и др. По мере уменьшения отметок абсо-

лютных высот снижается степень проективного покрытия караганы в составе растительных сообществ.

Составленная карта является базовой основой для картографирования новых и уточнения уже известных местонахождений редкого вида в Тункинском национальном парке с целью мониторинга состояния редких растительных сообществ и их охраны.

Результаты исследования с приведением положенных в основу работы полных геоботанических описаний и подробным описанием процедуры построения карты методом регрессионного анализа переданы в научный отдел Тункинского национального парка.

Благодарности. Авторы выражают благодарность доценту кафедры ботаники ФГБОУ ВО Бурятского государственного университета имени Доржи Банзарова С.А. Холбоевой, а также сотрудникам Тункинского национального парка за помощь в организации полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область) / под ред. В.Б. Сочава, К.М. Продай-Вода, Н.Н. Тартышев. М.: Иркутск: ГУГК при Совете министров СССР, 1967. 176 с.
- Бойков Т.Г. Уникальные объекты растительного мира Центральной Сибири: разнообразие, пространственно-временное распределение, особенности и перспективы охраны. Новосибирск: Наука, 2005. 184 с.
- Емельянова Л.Г., Огуреева Г.Н. Биогеографическое картографирование: учеб. пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2006. 132 с.
- Зеленая книга Сибири: редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества / под ред. акад. РАН И.Ю. Коропачинского. Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1996. 396 с.
- Комаров В.Л. Введение к флорам Китая и Монголии. Вып. 2: Монография рода *Caragana* // Труды Санкт-Петербургского ботанического сада. 1909. Т. 29. № 2. С. 159–319.
- Крестов П.В., Верхолат В.П. Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. Владивосток: ДВО РАН, 2002. 200 с.
- Новицкая Н.И., Суворов Е.Г. Картографирование редких видов сосудистых растений Байкальского региона // Геодезия и картография. 2016. № 3. С. 17–21. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-909-3-17-21.
- Огуреева Г.Н. Эколого-географический подход к изучению разнообразия и географии наземных экосистем // Вопросы географии. Актуальная биогеография. М.: Кодекс, 2012. Т. 134. С. 58–80.
- Огуреева Г.Н. Ботанико-географический анализ и картографирование растительности гор: Россия и сопредельные территории: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. М., 1999. 70 с.
- Санданов Д.В., Найданов Б.Б. Пространственное моделирование ареалов восточноазиатских видов растений: современное состояние и динамика под влиянием климатических изменений // Растительный мир Азиатской России. 2015. № 3(19). С. 30–35.
- Чурилина А.Г. Ареалы редких видов – караганы гривастой (*Caragana jubata*) и березы шерстистой (*Betula lanata*): моделирование и прогноз // Биогеография: материалы Московского городского отделения Русского географического общества. М.: ЭЙПиСиПаблишинг, 2020. С. 68–76.
- Чурилина А.Г., Бочарников М.В., Огуреева Г.Н. География караганы гривастой (сем. Бобовые) и ее фитоценотическая роль в растительном покрове гор // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2020. № 3. С. 108–117.
- Чурилина А.Г., Бочарников М.В. Ареал березы шерстистой (*Betula lanata* (Regel) V. Vassil) и влияние на него изменений климата // Ученые записки РГГМУ. 2019а. № 56. С. 133–144. DOI: 10.33933/2074-2762-2019-56-133-144.
- Чурилина А.Г., Бочарников М.В. Моделирование потенциального ареала реликтового вида (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) на основе климатических данных // Ученые записки РГГМУ. 2019б. № 54. С. 100–108. DOI: 10.33933/2074-2762-2019-54-100-108.
- Ward D. Modeling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand, *Biol. Invasions*, 2007, no. 9, p. 723–735, DOI: 10.1007/s10530-006-9072-y.
- Zhang K., Yao L., Meng J., Tao J. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change, *Science of The Total Environment*, 2018, no. 634, p. 1326–1334, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.112.
- Zhang M.L., Xiang X.G., Xue J.J., Sanderson S.C., Fritsch P.W. Himalayan uplift shaped biomes in Miocene temperate Asia: evidence from leguminous *Caragana*, *Scientific Reports*, 2016, no. 6, DOI: 10.1038/srep36528.
- Электронные ресурсы**
Национальный парк «Тункинский» 1991–2021. URL: <http://tunkapark.ru> (дата обращения 09.04.2021).
Learn ArcGIS. Home. URL: <https://www.esri-cis.ru/products> (дата обращения 09.04.2021).
USGS EarthExplorer. Home. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (дата обращения 09.04.2021).

Поступила в редакцию 18.07.2021
После доработки 23.02.2022
Принята к публикации 13.05.2022

MAPPING OF PLANT COMMUNITIES WITH THE RELICT SPECIES *CARAGANA JUBATA* IN THE SOUTHERN BAIKAL REGION

A.G. Churyulina¹, M.V. Bocharnikov²

^{1,2} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Biogeography

¹ Ph.D. in Geography; e-mail: agchurylina@gmail.com

² Associate professor, Ph.D. in Geography, e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru

An analytical phytoecological map of plant communities with various probable participation of a rare relict species *Caragana jubata* (Pall.) Poir. in the southern Baikal region has been compiled at scale 1:550 000. The original field material was taken as a basis, i. e. the locations with known projective cover (%) of *C. jubata* within biocenoses. The map is the result of a regression model. It was compiled using the data of Shuttle radar topography mission (SRTM) and Landsat-8 summer images (NASA, USGS) covering the study area. The map legend is based on the genetic-geographical classification of vegetation used in the legend of the map "Vegetation of the south of Eastern Siberia". The map revealed possible distribution of communities with different participation of *C. jubata* in the southern Baikal region which depends on the ecological conditions of mountain slopes within different altitudinal belts. Suitable habitats for *C. jubata* are steep (up to 25–30°) rocky slopes in the mountain-taiga and high-mountain belts. The species forms its own communities in the subalpine belt; *Dasiphora tenuifolia*, *Betula fruticosa*, *Carex pediformis* are the most typically plants growing with *C. jubata*. The highest concentration of rare communities with *C. jubata* is within high mountains (1800–2000 m above sea level), thus proving the mountainous nature of the relic species. The projective cover of the species in the composition of plant communities decreases while the absolute heights become lower. The map was conveyed to the Tunkinsky National Park and could be a basis for diverse research in the field of conservation of rare plant species and rare plant communities in the region.

Keywords: rare plant species, phytoecological map, regression model, environmental monitoring, protection of rare phytocenoses

Acknowledgements. The authors are grateful to S.A. Holboeva, Associate Professor of the Department of Botany, Dorzhi Banzarov Buryat State University, and to the staff of the Tunkin National Park for their assistance in the organization of field work.

REFERENCES

- Atlas Zabajkal'ya (Buryatskaya ASSR i Chitinskaya oblast')* [Atlas of Transbaikalia (Buryat ASSR and Chita region)], V.B. Sochava, K.M. Prodaj-Voda, N.N. Tartyshev (eds.), Moscow, Irkutsk, General Directorate of Geodesy and Cartography under the Council of Ministers USSR Publ., 1967, 176 p. (In Russian)
- Boikov T.G. *Unikal'nye ob'ekty rastitel'nogo mira Tsentral'noi Sibiri: raznoobrazie, prostranstvenno-vremennoe raspredelenie, osobennosti i perspektivy okhrany* [Unique objects of vegetation of Central Siberia: diversity, spatial-temporal distribution, features and prospects of protection], Novosibirsk, Nauka Publ., 2005, 184 p. (In Russian)
- Churyulina A.G., Bocharnikov M.V. Areal berezy sherstistoi (*Betula lanata* (Regel) V. Vassil) i vliyanie na nego izmenenii klimata [The range of *Betula lanata* (Regel) V. Vassil under the impact of climate change], *Uchenye zapiski RGGMU*, 2019a, no. 56, p. 133–144, DOI: 10.33933/2074-2762-2019-56-133-144. (In Russian)
- Churyulina A.G. [Areas of rare species *Caragana jubata* and *Betula lanata*: modeling and forecast], *Biogeografiya: materialy Moskovskogo gorodskogo otdeleniya Russkogo geograficheskogo obshchestva* [Proc. of Biogeography: materials of the Moscow City Branch of the Russian Geographical Society], Moscow, APCPublishing, 2020, p. 68–76. (In Russian)
- Churyulina A.G., Bocharnikov M.V. Modelirovanie potencial'nogo areala reliktoвого vida (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) na osnove klimaticheskikh dannykh [Modeling the potential range of a relict species (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) basing on the climate data], *Uchenye zapiski RGGMU*, 2019b, no. 54, p. 100–108, DOI: 10.33933/2074-2762-2019-54-100-108. (In Russian)
- Churyulina A.G., Bocharnikov M.V., Ogureeva G.N. Geografiya karagany grivastoi (sem. Bobovye) i ee fitocenoticheskaya rol' v rastitel'nom pokrove gor [Geography of *Caragana jubata* (Fabaceae) and its phytocenotic role in the vegetation cover of mountains], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2020, no. 3, p. 108–117. (In Russian)
- Emel'yanova L.G., Ogureeva G.N. *Biogeograficheskoe kartografirovaniye: uchebnoye posobie* [Biogeographic Mapping: A Study Guide], Moscow, Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University Publ., 2006. 132 p. (In Russian)
- Komarov V.L. Vvedenie k floram Kitaya i Mongolii, vyp. 2, Monografiya roda Caragana [Introduction to the Floras of China and Mongolia, iss. 2, Monograph of the genus Caragana], *Trudy Sankt-Peterburgskogo botanicheskogo sada*, 1909, no. 29(2), p. 159–319. (In Russian)
- Krestov P.V., Verholat V.P. *Redkie rastitel'nye soobshchestva Primor'ya i Priamur'ya* [Rare plant communities of Primorsky Krai and Russian Manchuria], Vladivostok,

- Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 2002, 200 p. (In Russian)
- Novickaya N.I., Suvorov E.G. Kartografirovaniye redkikh vidov sosudistyykh rastenii Baikal'skogo regiona [Mapping of rare species of vascular plants of the Baikal region], *Geodeziya i kartografiya*, 2016, no. 3, p. 17–21, DOI: 10.22389/0016-7126-2016-909-3-17-21. (In Russian)
- Ogureeva G.N. *Botaniko-geograficheskij analiz i kartografirovaniye rastitel'nosti gor: Rossiya i sopredel'nye territorii* [Botanical-geographical analysis and mapping of mountain vegetation: Russia and adjacent territories], Extended Abstract of D.Sc. Thesis in Geography, Moscow, 1999. 70 p. (In Russian)
- Ogureeva G.N. Ekologo-geograficheskij podhod k izucheniyu raznoobraziya i geografii nazemnykh ekosistem [Ecological-geographical approach in studying the diversity and geography of terrestrial ecosystems], *Voprosy geografii. Aktual'naya biogeografiya*, Moscow, Kodeks Publ., 2012, no. 134, p. 58–80. (In Russian)
- Sandanov D.V., Najdanov B.B. Prostranstvennoe modelirovaniye arealov vostochno-aziatskikh vidov rastenii: sovremennoye sostoyaniye i dinamika pod vliyaniem klimaticheskikh izmenenii [Spatial modeling of the ranges of East Asian plant species: current state and dynamics under the influence of climate change], *Rastitel'nyy mir Aziatskoj Rossii*, 2015, no. 3(19), p. 30–35. (In Russian)
- Ward D. Modeling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand, *Biol. Invasions*, 2007, no. 9, p. 723–735, DOI: 10.1007/s10530-006-9072-y.
- Zelenaya kniga Sibiri: redkie i nuzhdayushchiesya v okhrane rastitel'nye soobshchestva* [Green Book of Siberia: rare and endangered plant communities], I.Yu. Koropachinskii (ed.), Novosibirsk, Nauka Publ., Sibirskaya izdatel'skaya firma Russian Academy of Science Publ., 1996, 396 p. (In Russian)
- Zhang K., Yao L., Meng J., Tao J. Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change, *Science of the Total Environment*, 2018, no. 634, p. 1326–1334, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.112.
- Zhang M.L., Xiang X.G., Xue J.J., Sanderson S.C., Fritsch P.W. Himalayan uplift shaped biomes in Miocene temperate Asia: evidence from leguminous Caragana, *Scientific Reports*, 2016, no. 6, DOI: 10.1038/srep36528.
- Web sources*
- Nacional'nyy park "Tunkinskij"* [National Park "Tunkinsky"], 1991–2021, URL: <http://tunkapark.ru> (access date 09.04.2021).
- Learn ArcGIS, URL: <https://www.esri-cis.ru/products> (access date 09.04.2021).
- USGS EarthExplorer, URL: <https://earthexplorer.usgs.gov> (access date 09.04.2021).

Received 18.07.2021

Revised 23.02.2022

Accepted 13.05.2022