

**АРЕАЛ БЕРЕЗЫ ШЕРСТИСТОЙ
(*BETULA LANATA* (REGEL) V. VASSIL)
И ВЛИЯНИЕ НА НЕГО ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

А.Г. Чурюлина, М.В. Бочарников

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, agchurylina@gmail.com

Составлены современный и вероятностный ареалы березы шерстистой (*Betula lanata* (Regel) V. Vassil), относящейся к реликтовому подроду *Costatae* (Regel), представители которого в конце третичного периода входили в состав северных фаций лесов тургайского типа. Оценена динамика растительного покрова с участием исследуемого вида на основе прогнозных карт, полученных при компьютерном моделировании. Результаты исследования позволили выявить особенности характера распространения березы шерстистой к 2050 и 2070 гг. С одной стороны, наблюдается сокращение площадей, потенциально пригодных для произрастания вида, а с другой — повышение вероятности сосредоточения популяций березы шерстистой в отдельных горных районах своего ареала.

Ключевые слова: реликт, динамика ареала, климатический сценарий, изменение климата.

**GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION
OF THE *BETULA LANATA* (REGEL) V. VASSIL AND
THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON ITS DYNAMICS**

A.G. Churiulina, M.V. Bocharnikov

Lomonosov Moscow State University

The modern and projected distributions of the *Betula lanata* (Regel) V. Vassil are determined. The *Betula lanata* (Regel) V. Vassil relates to the relict subgenus *Costatae* (Regel), whose species were part of turgai-type forests at the end of the Tertiary period. The dynamics of vegetation cover with the participation of the *Betula lanata* is estimated on the basis of forecast maps obtained by computer simulation. The results of the study revealed the distribution features of the *Betula lanata* by 2050 and 2070. There is, on the one hand, a reduction in the areas, which are potentially suitable for the growth of this species. On the other hand, there is an increased probability of concentration of *Betula lanata* populations in certain mountainous areas within its distribution area.

Keywords: relict, dynamics of the geographical distribution, climate scenario, climate change.

Введение

Проблема оценки последствий развивающегося изменения климата является актуальной в рамках концепции сохранения биологического разнообразия [10, 15—18]. Характерным компонентом растительного покрова большинства горных систем Сибири является высокогорная растительность, которая формирует хорошо выраженные высотные пояса [11]. Сложная экотопическая структура высокогорий обусловила высокую степень биологического разнообразия сообществ и их сложную организацию [5]. Именно поэтому наблюдаемые и ожидаемые изменения климата наиболее существенное влияние оказывают на чувствительные высокогорные фитоценозы, развивающиеся в экстремальных условиях.

Оценить возможную динамику ареалов высокогорных видов растений, приуроченных к труднодоступным местообитаниям, в настоящее время стало возможно благодаря развитию и усовершенствованию методов современных технологий. Моделирование потенциальных ареалов, а также построение прогнозных моделей распространения вида в зависимости от различных климатических факторов уже применяются в международных и российских исследованиях [12, 13, 23, 24]. Кроме того, выявление характера распространения видов растений связано с историей формирования их ареалов в рамках глобальной биологической эволюции. Данный факт подразумевает учет биотических процессов, а значит, и связи характера распространения вида с его экологией и ценотической приуроченностью при анализе полученных результатов.

Цель настоящего исследования заключается в пространственном моделировании ареала высокогорного вида — березы шерстистой (*Betula lanata* (Regel) V. Vassil.), широко распространенной в горах Сибири и Дальнего Востока.

Объект исследования

Береза шерстистая (*Betula lanata* (Regel) V. Vassil.) — дерево, но в северной части ареала и в субальпийском поясе гор часто имеет форму кустарника высотой 3—15 м [2]. Занимает огромную территорию — от Охотского моря на востоке до Байкала на западе и от реки Колымы и Верхоянского хребта на севере до Корейского полуострова на юге. Этот вид является близким и родственным каменной березе (*Betula Ermani* Cham.) с явной отличительной особенностью — сильно опушенными почками и орешками иных размеров и формы. Относится к березам подрода *Costatae* (Rgl.), которые к концу третичного времени входили в состав северных фаций лесов тургайского типа, окаймляя с севера темнохвойные елово-пихтовые леса и отчасти входя в их состав, а также в состав горных хвойно-широколиственных лесов. Дифференциация этих берез началась еще раньше, насколько можно судить по их ископаемым остаткам. Это стало результатом как различных условий географической обстановки, так и различного типологического окружения.

Излюбленными местообитаниями *Betula lanata* являются вогнутые места горных склонов преимущественно южных экспозиций, защищенные от резких зимних северо-западных ветров. Зимой эти места подвержены сильным снежным заносам, так как дующие в области северо-западные и северные ветры сдувают снег с наветренных склонов и переносят на противоположные. По этим причинам снег в рощах с *Betula lanata* задерживается дольше, чем в других насаждениях. Реже приходится встречать насаждения шерстистой березы по выпуклым частям склонов, обращенных к морю в непосредственной близости с ним. Иногда они приурочены к долинам небольших горных рек с каменистой почвой.

В плиоцене вследствие начинающегося охлаждения климата растительные зоны начали отступать в юго-западном направлении. Одновременно в том же направлении продвигалась и шерстистая береза. Она с севера окаймляла темнохвойные леса, а в горах образовывала верхнюю границу леса. Чем дальше шерстистая

береза продвигалась от центра своего распространения, находившегося в северо-восточной Азии (Анадырь, Чукотка, бассейн нижнего течения Колымы), тем все больше и больше уменьшалась ее свита. Горные хребты, хотя бы в незначительной степени совпадавшие с направлением миграции растительности, представляли собой удобные пути движения для ее горных комплексов [2].

В настоящее время береза шерстистая, несмотря на широкое распространение на территории Сибири и Дальнего Востока, имеет ограниченный по площади ареал и ее сообщества относятся к классу региональных редких [9]. Относительно обеспеченности охраной отметим, что в Красной книге только одного субъекта РФ (Республика Саха) можно найти березу каменную (*Betula Ermanii* Cham.). Согласно критериям МСОП, ей присвоен статус редкости 2a — вид, сокращающийся в численности в результате изменения условий существования или разрушения местообитания.

Материалы и методы

Основой для построения ареала березы шерстистой послужили фондовые материалы из гербарных коллекций России: кафедры биогеографии географического факультета (MWG) и биологического факультета (MW) Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (МНА), Центрального сибирского ботанического сада СО РАН им. проф. И.М. Краснородова (NS), Центрального сибирского ботанического сада СО РАН им. М.Г. Попова (NSK), Гербария им. П.Н. Крылова Томского государственного университета (TK). Кроме того, для определения мест находок исследуемого вида использовались данные онлайн-источников (<https://www.gbif.org>, <http://www.plantarium.ru>) [19, 20]. Всего общий перечень местонахождений модельного вида включает 590 геолокаций, нанесение которых на картографическую основу в среде ГИС (программа ArcGis 10.3.1) позволило выявить ареал березы шерстистой.

Полученная карта распространения вида послужила основой для дальнейшего воссоздания вероятностного ареала исследуемого вида с помощью компьютерного моделирования методом максимальной энтропии (программное обеспечение Maxent). Используемые данные о параметрах среды включают 19 биоклиматических переменных BIOCLIM, усредненных за временной интервал 1970—2000 гг. (www.worldclim.org) [22]. Для удобства оценки результатов применялся логистический выходной формат данных, где вероятность находок вида находится в интервале от 0 до 1. Полученные картосхемы были преобразованы в программе ArcGis с изменением шкалы вероятности и разбиением ее на десять классов. Цветовая шкала разбита таким образом, что значимыми считаются показатели вероятности после 0,7 (отображены цветом от светло-желтого до красного).

Проведенный статистический анализ результатов моделирования вероятностного ареала, представленных кривыми отклика модели на отдельные параметры и таблицей значений корреляции данных о местонахождении вида с параметрами

окружающей среды, позволил выявить ключевые климатические факторы, определяющие характер распространения березы шерстистой.

Для оценки динамики растительного покрова под влиянием климатических изменений составлены прогнозные карты распространения исследуемого вида. В работе использовалась новая версия модели общей циркуляции атмосферы и океана, созданной совместно японским исследовательским сообществом, известная как модель междисциплинарных исследований климата (MIROC5) [25]. Пространственно-временные изменения оценивались при помощи прогнозных данных на 2050 и 2070 гг. при современных тенденциях накопления парниковых газов. Таким образом, был выбран такой климатический сценарий, при котором выбросы парниковых газов продолжают возрастать в течение всего XXI века (сценарий RCP 8.5, согласно пятому докладу Межправительственной комиссии по изменению климата — IPCC Fifth Assessment Report).

Визуальный анализ эмпирических данных при сравнении полученных моделей распространения вида проведен в SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses) [21]. Выявлены ключевые факторы, влияющие на произрастание вида и его приуроченность к горным местообитаниям. С помощью диаграммы рассеяния через линейное уравнение регрессии и коэффициент детерминации проанализирован характер связи этих переменных.

Результаты и их обсуждение

Картографирование ареала березы шерстистой

На основе оригинальной базы данных (590 находок) была составлена карта местонахождений вида с указанием конкретных пунктов, отражающая ареал березы шерстистой, широко распространенной на территории Сибири и Дальнего Востока (рис. 1).

Несмотря на обширную территорию, на которой встречается береза шерстистая, площади, занятые ее популяциями, незначительны. Сокращению площади насаждения влаголюбивой третичной растительности сильно содействовали ксеротермические периоды межледниковья и послеледниковья. В эти периоды лесная растительность занимала сравнительно небольшие площади; потепление климата вызывало увеличение высоты верхней границы лесов и продвижение вверх всех растительных поясов, что привело к вытеснению рощ шерстистой березы лиственничниками и сосняками на большей части горных склонов [3]. Именно этим надо объяснить существенную разорванность ареала шерстистой березы в Восточной Сибири. С продвижением на север и вблизи моря высота нижней границы березняков сильно уменьшается и этот вид встречается небольшими группами или в виде отдельных деревьев в ельниках, кедровниках и смешанных лесах. Диапазон высот произрастания березы шерстистой составляет 500—1500 м над уровнем моря [1].

На карте местонахождений березы шерстистой можно выделить следующие районы ее распространения (см. рис. 1).

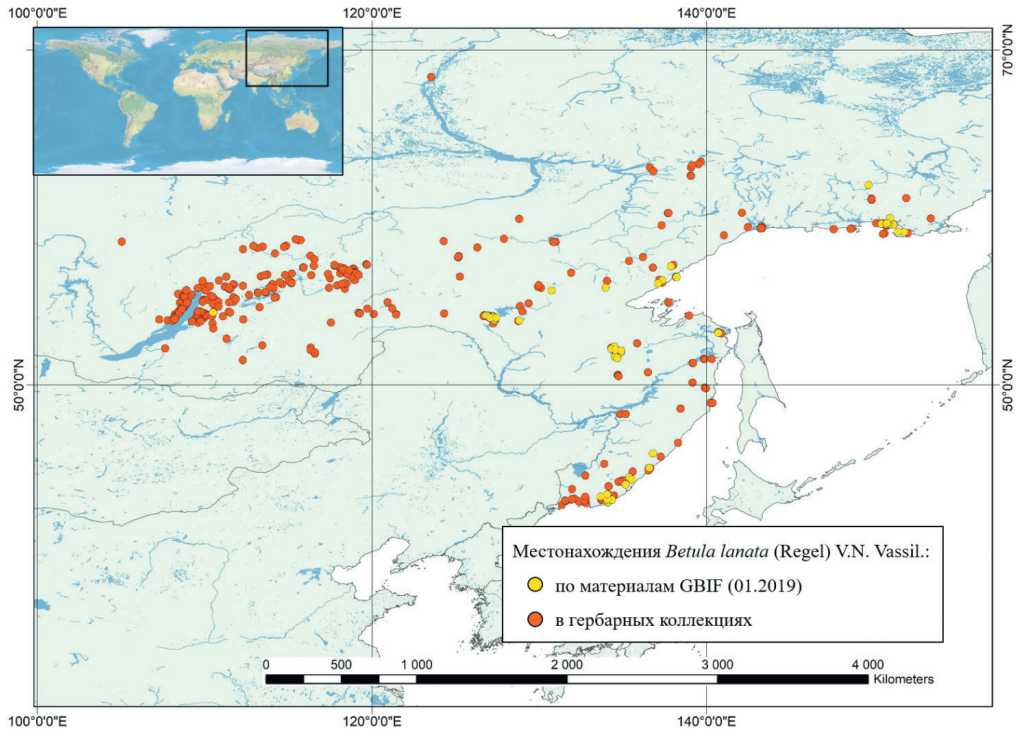


Рис. 1. Карта местонахождений березы шерстистой (*Betula lanata*).

1. Приморский район с сосредоточением вида вдоль горных хребтов Сихотэ-Алиня, Джугджура и в приокеанической части Колымского нагорья на побережье Охотского моря. В фитоценологическом отношении горноберезняки среднего Сихотэ-Алиня совпадают с таковыми вдоль побережья Охотского моря и на Камчатке. Но во всех сихотэалиньских группировках, а также на побережье Охотского моря заметную роль играют кустарники. На территории среднего Сихотэ-Алиня насаждения *Betula lanata* встречаются на высоте от 1000—1100 до 1200—1400 м над уровнем моря в зависимости от мезорельефа [8]. Ассоциации горноберезняков благодаря своему промежуточному положению (между ельниками и субальпийским поясом растительности) характеризуются большим разнообразием строения и состава. Описание и типология горных березняков для южного Сихотэ-Алиня представлены в работе Н.Е. Кабанова [7]. Так же как и в среднем Сихотэ-Алине, насаждения шерстистой березы приурочены к поясу, с одной стороны граничащему с темнохвойными лесами, а с другой — с высокогорными кустарниками и каменистыми осыпями, причем они редко занимают сплошную полосу, а чаще чередуются с зарослями кустарников и осыпями. На восточном склоне Джугджурского хребта береза шерстистая растет небольшими группами и в виде отдельных особей по долинам горных рек, занимая субальпийский пояс

среди зарослей *Pinus pumila* Rgl. на границе с высокогорными полянами с преобладанием *Dryas ajanensis* Juz., вересковых кустарничков и карликовых ив на высоте от 700 до 900 м над уровнем моря.

2. Континентальный район с достаточно большим, по данным гербарных коллекций, скоплением мест находок вида в северном Забайкалье в горах Станового нагорья. Здесь популяции березы шерстистой занимают высотную зону от 1000 до 1650—1700 м над уровнем моря. Входя в состав лиственничных лесов в поясе редколесья, исследуемый вид поднимается высоко в горы, сменяясь криволесьем, состоящим из кедрового стланика, березы шерстистой и ольховника [4]. Являясь на данной территории характерным элементом растительности подгольцового пояса, криволесья из березы шерстистой занимают 7,6 % [6].

3. Район, занимающий среднее положение между вышеназванными двумя районами, с произрастанием вида на Алданском нагорье и Становом хребте. Здесь, в юго-западной Якутии (бассейн реки Тунгир), по данным В.Н. Сукачева (1912) [14], насаждения шерстистой березы встречаются очень редко близ вертикальной границы леса, где они занимают небольшие площади. Им описана там всего лишь одна ассоциация этой березы (*Ermani betulium calamagrostosum*) в верховьях реки Тагил, притоке реки Черемной, в отрогах Яблонового хребта, по пологому склону к небольшому ручейку. Отсутствие каких-либо иных ассоциаций шерстистой березы неслучайно. Суровые климатические условия Якутии существенно сократили число исконных спутников данной породы, каковыми мы склонны считать виды, характерные для насаждений географически замещающих видов в приморских странах, где береза шерстистая играет большую роль и находится в условиях, более близких к тем, которые имели место в до- и послеледниковое время.

Таким образом, по мере удаления от моря число ассоциаций шерстистой березы и характерных для ее насаждений видов все более уменьшается, что позволяет говорить об удалении ее по мере продвижения на запад от современного оптимума распространения данной группы, так как разнообразие ассоциаций и многочисленность видового состава являются показателями оптимума существования формации. Обеднение и в одном, и в другом отношении свидетельствует об обратном [3].

Моделирование вероятностного ареала березы шерстистой

Потенциальный ареал березы шерстистой при моделировании совпадает с ее существующим географическим распространением на материковой части Дальнего Востока и юге Восточной Сибири, простираясь широкой полосой от побережья Охотского моря на восточной границе своего ареала до Прибайкалья на западной (рис. 2). Наибольшая вероятность произрастания вида (70 % и выше) характерна для северной части Сихотэ-Алиня, юго-восточного склона хребта Джугджур, а также среднегорий Яблонового и Баргузинского хребтов и Алданского нагорья. Появление на карте области с вероятностью произрастания березы шерстистой на Среднем хребте полуострова Камчатка не случайно. Мягкий морской климат Камчатки благоприятствует произрастанию каменной березы, являющейся близким и родственным шерстистой березе видом, географически замещающим ее на островах.

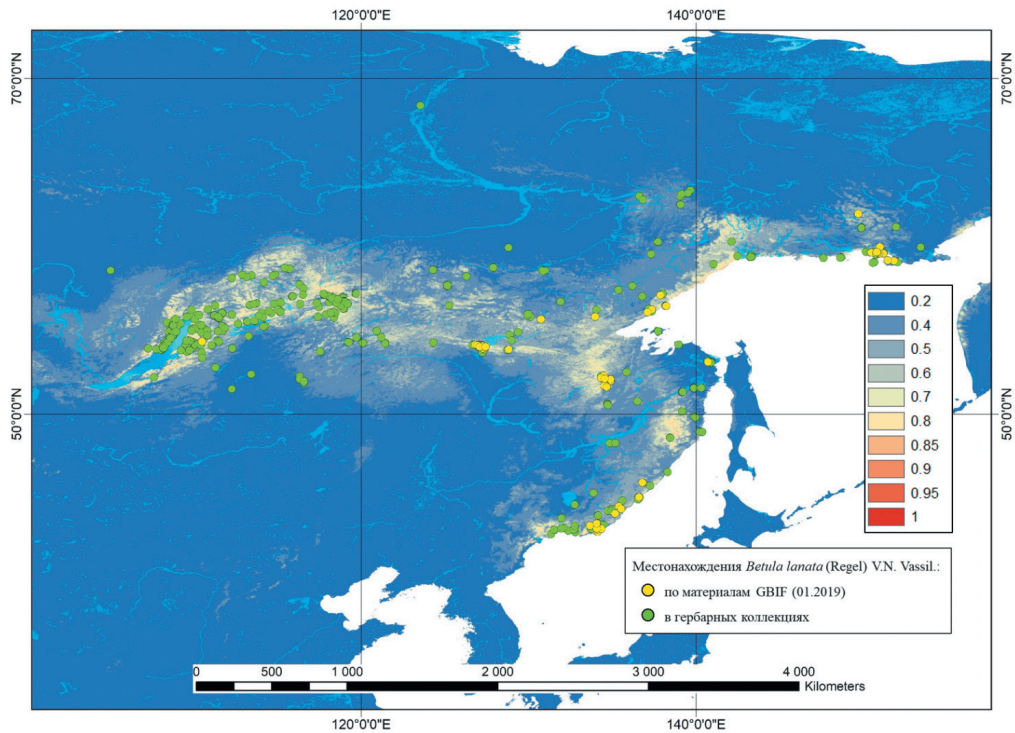


Рис. 2. Карта вероятностного распространения березы шерстистой (*Betula lanata*) на основе биоклиматических переменных (Bioclimatic variables).

Шкала вероятности разбита на десять классов с отображением увеличения вероятности произрастания вида от 0 до 1 (синие области — на данном участке условия непригодны для произрастания вида; красные области — участки с благоприятным сочетанием условий для произрастания вида, схожие с современными местообитаниями).

Анализ статистических результатов (тест «permutation importance») показывает, что совокупность факторов, характеризующих температурный режим (табл. 1), играет одну из ключевых ролей в формировании ареала березы шерстистой, произрастание которой приурочено к горным склонам преимущественно южной экспозиции, защищенным от резких порывов (до 14 м/с по шкале Бофорта) зимних северо-западных ветров.

Таблица 1

Ключевые переменные (Bioclimatic Variables), влияющие на вероятностное распространение березы шерстистой (*Betula lanata*)

Переменная	Вклад, %	Важность при пермутации, %
Bio8 — средняя температура наиболее влажного квартала (июль — сентябрь)	4,9	15,1
Bio1 — среднегодовая температура	8,5	12,8

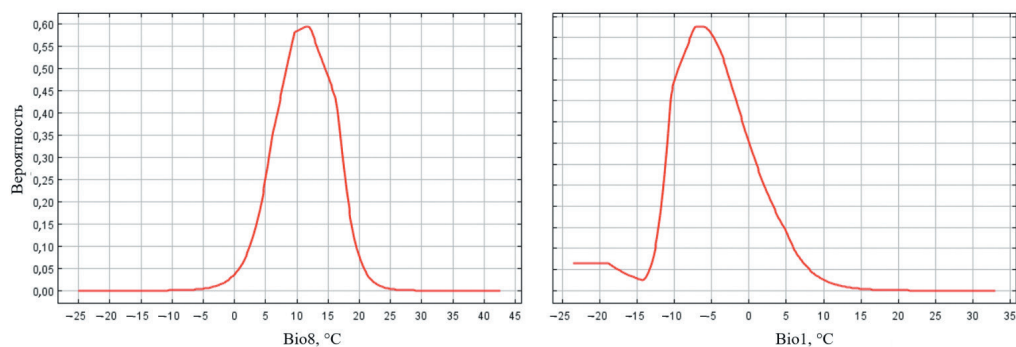


Рис. 3. Зависимость вероятностного распространения березы шерстистой (*Betula lanata*) от биоклиматических переменных Bio8 (средняя температура наиболее влажного квартала (июль — сентябрь)) и Bio1 (среднегодовая температура).

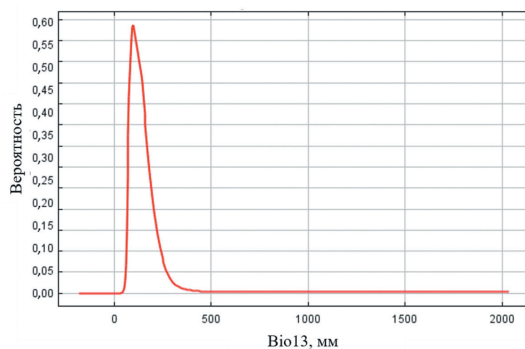


Рис. 4. Зависимость вероятностного распространения березы шерстистой (*Betula lanata*) от биоклиматической переменной Bio13 (осадки наиболее влажного месяца, июля).

Благоприятными (вероятность произрастания вида выше 50 %) считаются условия, когда средняя температура наиболее влажного квартала (июль — сентябрь) сохраняется в диапазоне от 8 до 14,5 °C, а значения среднегодовой температуры составляют от –10 до –3 °C (рис. 3).

Другой альтернативный тест для оценки вклада переменных (тест «jack-knife») показал наибольшее влияние на распределение исследуемого вида количества осадков наиболее влажного месяца, июля (Bio13) (рис. 4).

Эти данные подтверждают приуроченность березы шерстистой к горным местообитаниям с большим количеством осадков в самый влажный месяц года (июль) и связь ее с березами подрода *Costatae* (Rgl.) с центром распространения в древней Берингии. Сложная система горных хребтов материковой части Северо-Восточной Азии послужила дорогой, по которой горные комплексы, сопровождающие березу шерстистую, могли распространяться в сторону Байкала [3].

Динамика растительного покрова под влиянием климатических изменений

Результаты прогноза распространения березы шерстистой на 2050 и 2070 гг. при климатическом сценарии, предусматривающем в будущем наибольшую концентрацию диоксида углерода (RCP 8.5), согласуются с полученными выводами о ключевой роли комплекса температурных факторов (рис. 5 и 6). Основное влияние на произрастание вида по-прежнему оказывает количество осадков наиболее влажного периода. Вероятность нахождения вида более 50 % наблюдается при значениях переменной от 80 до 150 мм к 2050 г. и от 90 до 160 мм к 2070 г. В будущих условиях наблюдается сужение области оптимума и сосредоточение вида, прежде всего, в горных районах континентальной части Сибири и Дальнего Востока РФ. Из прогнозных карт видно сокращение площади ареала, но увеличение вероятности произрастания горноберезняков в отдельных частях прежнего ареала березы шерстистой — в районе северного Сихотэ-Алиня, а также Байкальского и Баргузинского хребтов.

Интерпретация результатов, полученных в виде диаграммы рассеяния в SAGA GIS (рис. 7), показывает тесную линейную связь ключевого фактора (количество

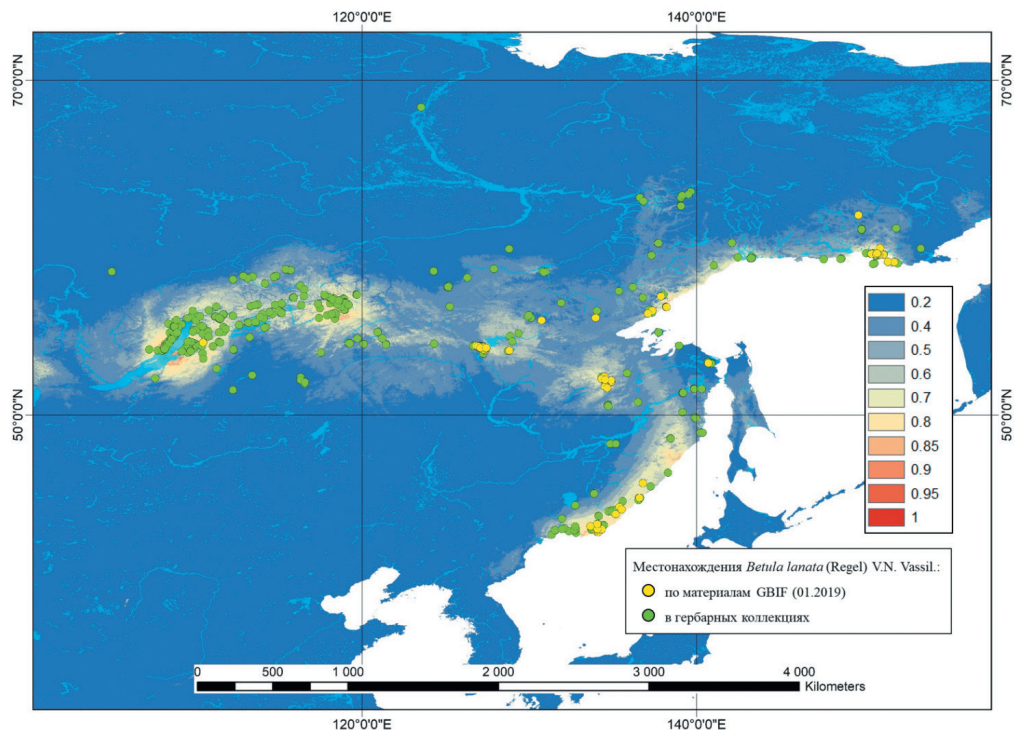


Рис. 5. Карта прогноза распространения березы шерстистой (*Betula lanata*) к 2050 г. при современных тенденциях накопления парниковых газов (сценарий RCP 8.5).

Условные обозначения см. рис. 2.

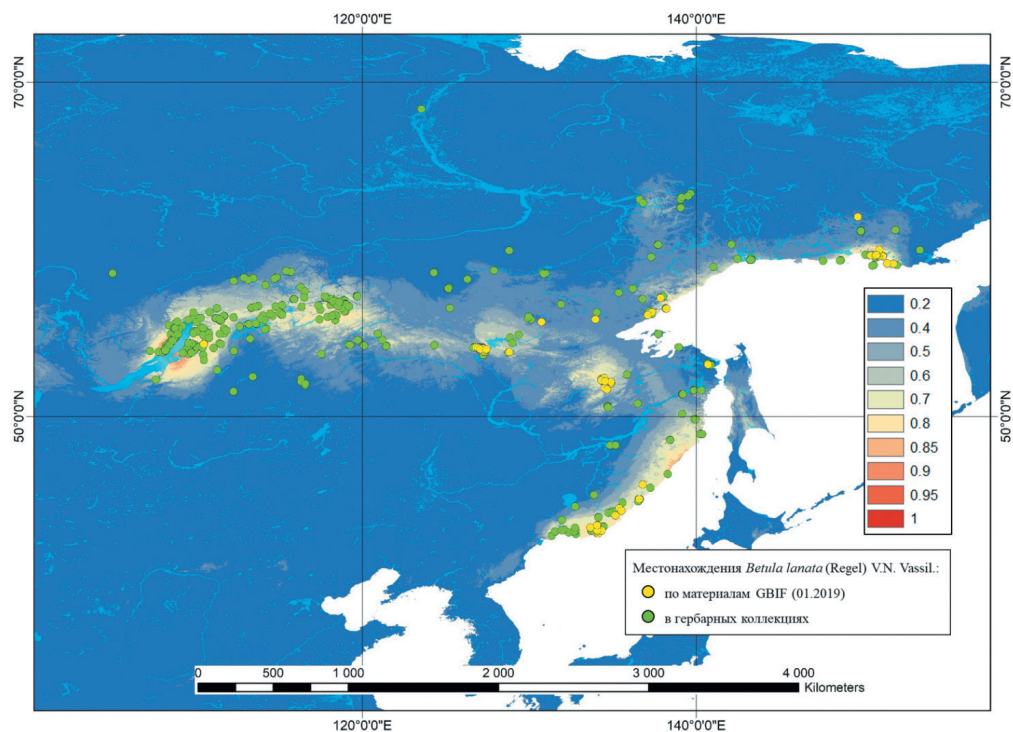


Рис. 6. Карта прогноза распространения березы шерстистой (*Betula lanata*) к 2070 г. при современных тенденциях накопления парниковых газов (сценарий RCP 8.5).

Условные обозначения см. рис. 2.

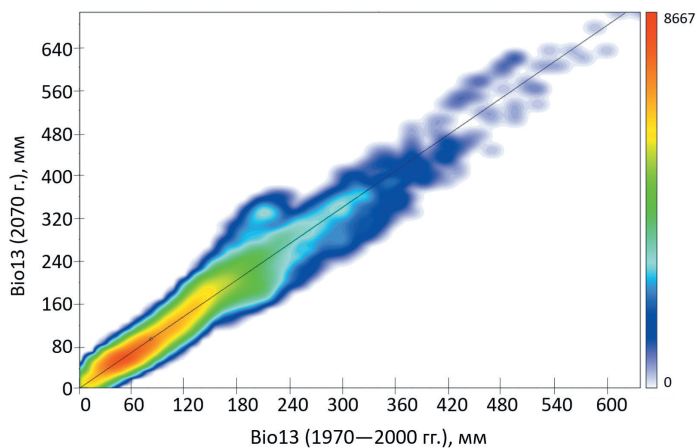


Рис. 7. Диаграмма рассеяния количества осадков наиболее влажного месяца, июля (Bio13) в различные временные интервалы.

Цветовая шкала: Красный цвет говорит о высокой плотности точек (пикселей), синий — об их разреженности.

осадков наиболее влажного месяца) в полученных моделях вероятностного и прогнозного распространения березы шерстистой при коэффициенте детерминации, равном 0,95. Уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$\text{Bio13 (2070 г.)} = 1,07 + 1,13\text{Bio13 (1970 — 2000 гг.)}$$

Среднеквадратическое отклонение (σ) составляет 28,44 мм.

Наблюдается скопление точек в диапазоне значений от 20 до 100 мм. Кроме того, количество осадков наиболее влажного месяца к 2070 г. увеличится на 20—50 мм по сравнению с количеством осадков в современных климатических условиях.

Заключение

Характер ареала исследуемого вида — березы шерстистой, относящейся к подроду берез третичной флоры, — имеет связь с историей орогенеза и конкретными климатическими условиями на территории ее распространения.

Оценка влияния климатического сценария на распространение березы шерстистой на территории Сибири и Дальнего Востока показала сокращение ее ареала. В некоторых случаях негативные последствия климатических изменений нивелируются увеличением вероятности нахождения вида и сосредоточением его в определенных частях ареала при общем сокращении распространения. Влияние вклада климатических переменных в прогнозные модели будет со временем изменяться, сказываясь на характере распространения исследуемых видов. С получением новых данных, в том числе о местонахождениях видов растений и их экологической приуроченности, необходимо дорабатывать прогнозные карты с целью оценки динамики ареалов моделируемых видов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда по проекту № 17—77—10142 «Изучение ботанического разнообразия и структурно-динамических свойств растительного покрова Станового нагорья».

Список литературы

1. Баранов В.И. Заметки о березах из лесостепи Западной Сибири. Омск: изд-во Зап.-Сиб. отд. РГО, 1924—1925. Т.4. Вып. 2. С. 47—55.
2. Васильев В.Н. К систематике и географии дальневосточных берез // Ботан. журнал. 1942. Т. 27. № 1—2. С. 3—19.
3. Васильев В.Н. Каменная береза (*Betula Ermanii* Cham. s.l.): Экология и ценология // Ботан. журн.-нал. 1941. Т. 26. № 2—3. С. 172—206.
4. Давыдова М.И., Каменский А.И., Неклюкова Н.П., Тушинский Г. К. Физическая география СССР / Под ред. Г. К. Тушинского. Изд. 2-е. М.: Просвещение, 1966. 847 с.
5. Зеленая книга Сибири: редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества / Под ред. акад. РАН И. Ю. Коропачинского. Новосибирск: Наука, 1996. 397 с.
6. Дудов С.В. Ботаническая география хребта Тукурингра (на примере Зейского заповедника) / Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: изд-во МГУ, 2016.
7. Кабанов Н.Е. Типы растительности южной оконечности Сихотэ-Алиня // Труды ДВФ АН СССР. Сер. Бот., 1937. Т. 2. С. 273—332.
8. Колесников Б.П. Растительность восточных склонов среднего Сихотэ-Алиня // Труды Сихотэ-Алинского государственного заповедника. 1938. Вып. 1. С. 25—208.

9. *Крестов П.В., Верхолат В.П.* Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. Владивосток: ДВО РАН, 2003. 200 с.
10. *Малинин В.Н.* Глобальный экологический кризис и климат // Ученые записки РГГМУ. 2017. № 48. С. 11—32.
11. *Намзалов Б.Б.* Биоразнообразие в байкальском регионе: уровни, подходы, состояние изученности (растительный мир) // Kгуlovia. 2001. Т. 3. № 1. С. 3—12.
12. *Санданов Д.В.* Оценка состояния популяций восточноазиатских видов растений в различных частях ареала // Растительный мир Азиатской России. 2010. № 2 (6). С. 80—87.
13. *Солодянкина С.В., Истомина Е.А., Сороковой А.А., Чепиного В.В.* Моделирование потенциального ареала ветреницы байкальской (*Anemone baicalensis*, *Ranunculaceae*) с использованием данных тематических карт // География и природные ресурсы. 2016. № 5. С. 92—99.
14. *Сукачев В.Н.* Растительность верхней части р. Тунгири Олекминского округа Якутской области (фитоценологический очерк) // Труды Амурск. экспед. ботан. исслед. 1910 г. СПб, 1912. Вып. 16. С. 1—286.
15. *Цепелев В.Ю., Паниди Е.А., Торлопова Н.В., Бобков А.А.* Использование характеристик растительного покрова таежной зоны для мониторинга климатических изменений XXI в. // Ученые записки РГГМУ. 2015. № 40. С. 221—235.
16. *Чурюлина А.Г., Бочарников М.В.* Моделирование потенциального ареала реликтового вида (*Caragana jubata* (Pall.) Poir.) на основе климатических данных // Ученые записки РГГМУ. 2019. № 54. С. 100—108.
17. *Школьник И.М., Пигольцина Г.Б., Ефимов С.В.* Оценка возможного влияния изменений климата на агроклиматические условия произрастания хлопчатника и яровой пшеницы в Средней Азии // Труды ГГО. 2016. Вып. 580. С. 7—32.
18. *Школьник И.М., Пигольцина Г.Б., Ефимов С.В.* Воздействия глобального потепления на сельское хозяйство аридных зон Средней Азии в середине XXI века по оценкам ансамбля региональной климатической модели // Труды ГГО. 2018. Вып. 589. С. 5—49.
19. *Betula lanata* (Regel) V. Vassil. in GBIF Secretariat 2017. GBIF Backbone Taxonomy. URL: <https://www.gbif.org/occurrence/1697227861>. Last accessed 19.01.2019.
20. *Betula lanata* (Regel) V. Vassil. in Plantarium 2007—2018. Open on-line atlas and key to plants and lichens of Russia and neighbouring countries. URL: <http://www.plantarium.ru/page/view/item/6549.html>. Last accessed 19.01.2019.
21. *Conrad O., Bechtel B., Bock M., Dietrich H., Fischer E., Gerlitz L., Wehberg J., Wichmann V., Böhrner J.* System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4 // Geosci. Model Dev., 8. 1991—2007, doi: 10.5194 / gmd-8-1991-2015. Download.
22. *Fick S.E., Hijmans R.J.* Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas // Intern. J. Climatology. 2017. Wiley Online. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.5086>.
23. *Phillips S.J., Dudik M., Schapire R.E.* A maximum entropy approach to species distribution modeling / Proc. 21st Intern. Conf. on Machine Learning. New York: ACM Press, 2004. P. 655—662.
24. *Remya K., Ramachandran A., Jayakumar S.* Predicting the current and future suitable habitat distribution of *Myristica dactyloides* Gaertn. using MaxEnt model in the Eastern Ghats, India // Ecol. Engineering. 2015. V. 82. P. 184—188.
25. *Watanabe M. et al.* Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability, and Climate Sensitivity // J. Climate. 2010. V. 23. P. 6312—6335.