

**ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

УДК 581.524.34:912.43

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-1(42-51)

**Д. М. ДАНИЛИНА\***, **Д. И. НАЗИМОВА\***, **А. А. ГОСТЕВА\*\***, **Н. В. СТЕПАНОВ\*\*\***, **С. Д. БАБОЙ\*\*\***\*Институт леса им. В. Н. Сукачёва СО РАН,  
660036, Красноярск, Академгородок, 50, стр. 28, Россия, [dismailova@mail.ru](mailto:dismailova@mail.ru), [inpol@mail.ru](mailto:inpol@mail.ru)\*\*Сибирский федеральный университет,  
660041, Красноярск, пр. Свободный, 79, Россия, [AGosteva@sfu-kras.ru](mailto:AGosteva@sfu-kras.ru), [stepanov-nik@mail.ru](mailto:stepanov-nik@mail.ru)\*\*\*Центр защиты леса Красноярского края – филиал Российского центра защиты леса,  
660036, Красноярск, Академгородок, 50а, корп. 2, Россия, [bichkek@gmail.com](mailto:bichkek@gmail.com)**ВЫЯВЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ АРЕАЛОВ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ  
НА ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ**

*Метод выявления потенциальных мест произрастания охраняемых видов с использованием геоинформационного анализа обсуждается на примере горной территории (168 000 га, Танзыбейское лесничество) Алтае-Саянского эко-региона. Территория охватывает четыре лесных высотно-поясных комплекса с широким спектром барьерно-дождевых горных ландшафтов на наветренном макросклоне Западного Саяна — от смешанных сосново-березовых травяных (подтайга, 300–500 м) и черневых (кедрово-пихтовые и осиновые, 350–900 м) лесов до горной избыточно-влажной пихтовой тайги (900–1350 м) и субальпийских редколесий с кедром и пихтой (1350–1600 м). Актуальность данных исследований определяется особым значением специфического класса барьерно-дождевых экосистем для классификации горных ландшафтов Сибири. Полевые маршрутные и стационарные исследования 1960–2015 гг., а также материалы лесоинвентаризации были систематизированы в виде региональных баз данных по типологическому составу лесов, растительности и флоре, а затем объединены с региональной геоинформационной системой Танзыбейского лесничества для всего спектра поясов. Это обеспечило исходную эколого-географическую базу для последующих работ по составлению аналитических карт. Результаты были тестированы и верифицированы в ходе дальнейших полевых маршрутных исследований. Приводятся примеры аналитических карт. Разработанный метод выявления потенциальных мест произрастания видов с использованием авторских баз данных о флоре и растительности, эколого-географического подхода и геоинформационного анализа позволяет получать новые знания географического содержания.*

Ключевые слова: охраняемые виды барьерно-дождевых ландшафтов, высотно-поясные комплексы, черневые пихтово-кедровые леса, серии типов леса, лесоинвентаризация, ГИС, аналитические карты.

**D. M. DANILINA\***, **D. I. NAZIMOVA\***, **A. A. GOSTEVA\*\***, **N. V. STEPANOV\*\*\***, **S. D. BABOI\*\*\***\*V. N. Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
Akademgorodok, 50, str. 28, Krasnoyarsk, 660036, Russia, [dismailova@mail.ru](mailto:dismailova@mail.ru), [inpol@mail.ru](mailto:inpol@mail.ru)\*\*Siberian Federal University,  
pr. Svobodnyi, 79, Krasnoyarsk, 664041, Russia, [AGosteva@sfu-kras.ru](mailto:AGosteva@sfu-kras.ru), [stepanov-nik@mail.ru](mailto:stepanov-nik@mail.ru)\*\*\*Center for Forest Protection of Krasnoyarsk krai, Branch of the Russian Center for Forest Protection,  
Akademgorodok, 50a, korp. 2, Krasnoyarsk, 660036, Russia, [bichkek@gmail.com](mailto:bichkek@gmail.com)**IDENTIFICATION OF POTENTIAL AREAS OF PROTECTED PLANT SPECIES USING  
THE ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL BASIS**

*The method of identifying potential areas of protected plant species with the use of geoinformation analyses is discussed in the example of one mountain territory (Tanzybei management polygon, 168 000 ha) within the Altai-Sayan ecoregion. Four*

*altitudinal belt complexes (ABC) form the spectrum of barrier-rain mountain landscapes on the windward macroslope of Western Sayan — from mixed pine-birch forest with Pinus sylvestris and Betula pendula (light-coniferous subtaiga, 300–500 m) and chern mixed forest with Abies sibirica, Pinus sibirica and Populus tremula (350–900 m) to middle-mountain perhumid taiga with Abies sibirica (900–1350 m) and subalpine sparse woodlands with Pinus sibirica and Abies sibirica (1350–1600 m). The current importance of this research is dictated by a particular significance of a specific class of barrier-rain specific ecosystems for a classification of mountain landscapes of Siberia. Field route and station-based investigations made during 1960–2015, and also materials on forest inventory were systematized in the form of regional databases on the typological composition of forests, vegetation and flora and combined with the regional geoinformation system of the Tanzybei district forestry. This provided the initial ecological-geographical basis for subsequent efforts on the compilation of analytic maps. Results were tested and verified during subsequent field route investigations. Examples of analytic maps are given. The method developed for identifying potential areas of species by using the authors' databases on flora and vegetation, ecological-geographical approach and geoinformation analyses serves to obtain new knowledge of geographical content.*

*Keywords: protected plant species of barrier-rain landscapes, altitudinal belt complex (ABC), Pinus sibirica-Abies sibirica chern forests, series of forest types, forest inventory, GIS, analytic maps.*

## ВВЕДЕНИЕ

Сохранение разнообразия наземных экосистем — важнейшая задача, реализуемая на уровне ландшафтов, сообществ, на локальном уровне мест обитания и видов [1]. Наряду с сохранением эталонных экосистем, особое внимание уделяется сохранению редких и исчезающих видов. С целью их инвентаризации и охраны создаются Красные книги различного уровня. Отнесение вида к определенной категории уязвимости напрямую зависит от величины географической области распространения и численности популяции [2].

Современный научный подход к сохранению видов, находящихся под угрозой исчезновения, предполагает выяснение возможностей их распространения или выявление их потенциальных ареалов [3–5]. Применение геоинформационных систем (ГИС) в эколого-географических и ботанических исследованиях позволяет создавать новые тематические карты, определять места произрастания видов на основе количественных показателей, проводить планирование и зонирование территории и пр. [6–10]. Наиболее достоверный метод оценки распространения отдельных видов растений состоит в их точной картографической регистрации. Потенциальный ареал вида на карте отображает территорию, в пределах которой обитание вида возможно исходя из его биоэкологических особенностей. Понятие «потенциальный ареал вида», введенное Т. А. Работновым [11], подразумевает область, где климатические условия благоприятны для произрастания вида. Близко к нему понятие экологического ареала в трактовке В. П. Селедца и Н. С. Пробатовой [12]. Это часть пространства экологических факторов, занимаемая ценопопуляциями данного вида, явление историческое, которое отражает эволюцию, родственные связи и взаимоотношения в растительном покрове, а также тенденции расселения вида.

Цель настоящей работы — выявление потенциальных ареалов охраняемых видов растений с использованием геоинформационного анализа на примере одного из районов Алтае-Саянской горной области (Западный Саян, хребты Кулумыс и Кедранский), относящегося к редким для Сибири барьерно-дождевым ландшафтам [13]. Интерес к этому району объясняется и тем, что он является частью Приенисейского рефугиума третичной флоры, выделенного в предгорьях и низкогорьях Западного и Восточного Саяна в середине XX в. Л. М. Черепнинным [14]. Район отмечен высокой концентрацией редких и реликтовых неморальных видов травянистых растений (в том числе папоротников), мхов, лишайников, верных спутников широколиственных лесов, полностью исчезнувших в период четвертичного оледенения на большей части ареала. История флоры Приенисейской части Саян подробно рассмотрена в [15]. Современная география этих видов тесно связана с высотной поясностью. Нами использованы такие единицы биоклиматической классификации, как высотно-поясные комплексы (ВПК) типов биогеоценозов (типов леса), которые слагаются формациями, группами типов, сериями и типами леса. ВПК, обоснованные количественными показателями климата и биоразнообразия, как таксоны обобщенной классификации лесных экосистем востребованы при многоцелевом природопользовании горных лесов. В данном исследовании мы опираемся на ВПК как на один из основных элементов эколого-географической основы.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Район исследования находится в Северной Алтайско-Саянской лесорастительной провинции, Джебашско-Амыльском округе [16] и характеризуется всеми чертами, присущими барьерно-дождевым ландшафтам гор Южной Сибири [13, 17–19]. Наветренный склон Западного Саяна в этой его части

представлен северным макросклоном Кулумысского хребта и восточными отрогами Кедранского хребта, сложенными в основном хлорито-серицитовыми сланцами с редкими выходами на поверхность гранитных и сиенитовых интрузий протерозоя [20]. Рельеф преимущественно среднегорный, резко расчлененный, крутосклонный; глубокий тектонический разлом очень резко, в виде линеамента, хорошо заметного на картах среднего масштаба, отделяет среднегорье от предгорного прогиба. Последний на данном участке выражен в виде плоской и широкой Танзыбейской котловины, заполненной делювиальными отложениями, а глубже — лёссовидными суглинками и глинами озерного происхождения. Абсолютные высоты на севере у подножия западно-саянских хребтов — 350 м, а в высокогорье — 1600–1800 м. При этом верхняя граница лесного пояса имеет абс. высоту всего 1350–1400 м, граница субальпийских редколесий и лугов — около 1600 м, выше которых идут заросли ерников и горные кустарничково-моховые тундры с фрагментами альпийских лугов. Спектр ВПК: горно-черневой, горно-таежный темнохвойный избыточно-влажный, подгольцово-субальпийский резко избыточно-влажный — типичен для наиболее влажного (пергумидного) биоклиматического сектора Алтае-Саянской горной области [17, 18], с годовыми суммами осадков в среднегорье 900–1300 мм (до 1550 мм). Барьерная роль среднегорной части хр. Кулумыс проявляется в том, что именно здесь, на высоте около 1100 м, зафиксирована максимальная годовая сумма осадков — 1550 мм (метеопост Кулумыс), тогда как в субальпийском редколесье (ст. Оленья Речка) на высоте 1404 м выпадает ежегодно в среднем 1515 мм осадков, а сумма активных температур (выше 10 °С) составляет всего около 700 °С [16].

В 2008–2011 гг. коллективом авторов [21] создана ГИС Танзыбейского участкового лесничества общей площадью 168 тыс. га (53°16′–52°45′ с. ш., 92°43′–93°24′ в. д.), которая содержит цифровую модель района исследования. ГИС включает следующие векторные слои: граница лесничества, квартальная сеть, повыдельная сеть (7 тыс. выделов) с данными лесоустройства 1970 и 1995 гг., речная сеть, дорожная сеть; также создана цифровая модель рельефа по данным съемки SRTM. По материалам лесоустройства, проведенного при участии Института леса СО РАН, создана атрибутивная таблица к слою «Повыдельная сеть». Из таксационных описаний были сняты 29 основных показателей, характеризующих состав, типологическую принадлежность растительности, условия местообитания, параметры продуктивности насаждений и др. Вместе с базой данных полевых материалов они призваны удовлетворить различные запросы научного и прикладного характера [21]. При создании ГИС были использованы программные пакеты ESRI ArcGIS 9.3, MapInfo 9, EasyTrace 7.99.

Геоинформационная модель района исследования отражает особенности горного лесного ландшафта, закономерную смену ВПК, характеристик климата, почв и растительного покрова горной территории. Каждый ВПК отличается своим качественным составом типов леса, групп типов леса и серий типов леса. Серии идентифицируют сходные типы лесорастительных условий при возможных различиях в составе эдификаторного яруса [17, 19]. Данная система единиц (ВПК — формация — группа — тип леса или серия типов леса), реализованная в ГИС в виде различных карт среднего масштаба (от 1:50 000 и мельче), связанных с количественными характеристиками природных комплексов на уровне выделов, представляет собой универсальную эколого-географическую основу, выполняющую разнообразные функции при решении как научных, так и практических природоохранных задач.

В ходе флористических и геоботанических исследований, активно проводимых на данной территории (подробный обзор сделан в работах Н. В. Степанова [15, 22, 23]), выявлено произрастание 70 видов высших сосудистых растений, 15 видов мохообразных, 20 видов лишайников, которые занесены в Красные книги РФ и Красноярского края [24, 25]. Нами определена приуроченность охраняемых видов высших сосудистых растений к типам сообществ и сериям типов леса с учетом данных о встречаемости, постоянстве и распространении в сообществах. За основу взяты базы данных собственных лесоводственно-геоботанических (200 описаний) и флористических описаний, а также находок при маршрутно-полевых исследованиях (более 1000 указаний мест произрастания в границах полигона), имеющих четкую географическую привязку. Сведения об экологических и биологических свойствах видов заимствованы из литературных источников и базы данных Н. В. Степанова [22]. Номенклатура сосудистых растений приведена в соответствии со сводкой С. К. Черепанова [26].

Предложенный алгоритм выделения потенциальных мест обитания охраняемых видов включает в себя следующие этапы.

1. Выявление видов, занесенных в Красные книги РФ и конкретного региона для модельной территории.

2. Определение приуроченности охраняемых видов к типам сообществ, типам леса, на основании особенностей их биологии и экологии, данных о встречаемости, постоянстве и распространении на

конкретной территории. Источниками информации служат данные: по экологии и биологии видов, об их распространении, постоянстве и встречаемости (литературные источники, фондовые материалы, Красные книги); о типологическом составе лесов в виде схем и диагностических таблиц типов леса по ВПК (для каждого лесорастительного округа или провинции Сибири эти таблицы составлены и хранятся в фондовых материалах Института леса СО РАН); по лесоустройству (планы лесонасаждений и таксационные описания), занесенные в геоинформационную модель территории участкового лесничества (в них, как правило, использованы вышеуказанные схемы типов леса, разработанные на принципах типологии лесов В. Н. Сукачёва); о рельефе местности, гидрологической сети, литологии; о приуроченности охраняемых видов к типам сообществ, типам леса, сериям типов леса, интразональным сообществам.

3. Составление (на основании пунктов 1 и 2) таблицы соответствия (приуроченности) охраняемых видов к ВПК, коренным и производным формациям, типам леса, сериям типов леса. По данным таблицы приуроченности с помощью SQL-запроса в ГИС обновляется атрибутивная таблица выдела, позволяющая занести сведения об охраняемых видах. С помощью выделяемых критериев в каждом случае создается новый векторный слой в ГИС Танзыбейского участкового лесничества.

4. Построение аналитической карты потенциального распространения охраняемого вида для модельной территории.

При проведении геоинформационного анализа использовались такие методы, как тематическое картографирование, оверлей, геокодирование. Геоинформационный анализ выполнен с использованием программного обеспечения ESRI ArcGIS 9.3 с модулями расширения SpatialAnalyst и 3D Analyst. Для определения встречаемости видов применялся метод геокодирования с использованием данных геоботанических и флористических описаний конкретного вида. Для видов с встречаемостью в конкретных сериях типов леса выше 80 % созданы векторные слои в ГИС и построены аналитические карты их потенциального распространения.

Таким образом, серия карт потенциальных ареалов видов объединена общими принципами создания и выполнена с использованием ГИС в едином методическом ключе. Кроме того, с помощью геоинформационного анализа уточнены границы ВПК в пределах района исследования, а территориальное размещение типов леса одноименных серий и конкретные места нахождения видов стали дополнительной основой для верификации пространственного отображения распространения видов. В полевых условиях выявлена сопоставимость натуральных данных и результатов проведенного геоинформационного анализа, проведено уточнение созданных карт.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе данных геоинформационной модели территории с учетом формационного состава, серий типов леса и рельефа местности были определены границы ВПК: подтаежного, горно-черневого, горно-таежного, подгольцово-субальпийского. Подтаежный ВПК отличается от вышерасположенных по абсолютной высоте и преобладанию сосны в составе лесов. Начиная с нижней границы темнохвойных лесов (350–500 м) и до верхней границы (1300–1500 м) господствуют только две главные породы — кедр и пихта, тем не менее по всем биоклиматическим показателям, составу и структуре растительности выделяются перечисленные выше три ВПК, которые связаны с избыточно-влажным климатическим сектором гор.

В подтаежных предгорных лесах распространены сосняки, березняки и реже осинники разнотравно-осочковые, разнотравно-орляковые, вейниковые, травяно-болотные (по низкогорьям и предгорным понижениям). В горно-черневом низкогорном поясе произрастают коренные пихтово-кедровые и производные пихтово-мелколиственные леса крупнотравно-папоротниковых серий типов леса, а с высоты 850–900 м в горно-таежном поясе с избыточным увлажнением абсолютно господствуют пихтарники травяно-зеленомошной группы с папоротниками (*Athyrium filix-femina*, *Dryopteris expansa*, *Diplasium sibiricum*), вейниками (*Calamagrostis obtusata*, *C. langsdorfii*) и гигромезофильным крупнотравьем.

Специфику района составляет субформация черневых кедровников, представленная на высотах от 350 до 900 м. Несмотря на рубки 1940–1980-х гг., здесь сохранились и девственные старовозрастные пихтово-кедровые массивы, избежавшие антропогенного вмешательства. Популяции черневого кедра занесены в Красную книгу Красноярского края [24]. Они отличаются концентрацией редких реликтовых и мутантных форм, в том числе деревьев с однолетним и смешанным циклом семеношения [27]. В бассейне Большого Кебежа распространены кедровники с пихтой крупнотравно-папоротниковые, широколиственно-осочковые, вейниково-осочковые и др. на горно-таежных бурых почвах, а также травяно-зеленомошные и травяно-болотные на дерново-подзолистых оглеенных почвах (рис. 1).

Происхождение кедровой популяции выше черногого ВПК, в горно-таежном и субальпийском поясах, тесно связано с популяцией черногого кедра, семена которого отличаются хорошей всхожестью и нередко заносятся на верхнюю границу леса кедровкой [27]. Карта произрастания черневых кедровников построена по данным лесоустройства 1970 г., когда были вырублены лишь низкогорные и часть среднегорных кедровников. Все эти старые вырубки, как и другие лесные массивы черногого ВПК, отмечены на рис. 1 как потенциальные места обитания кедра, хотя сейчас они заняты пихтой и сме-

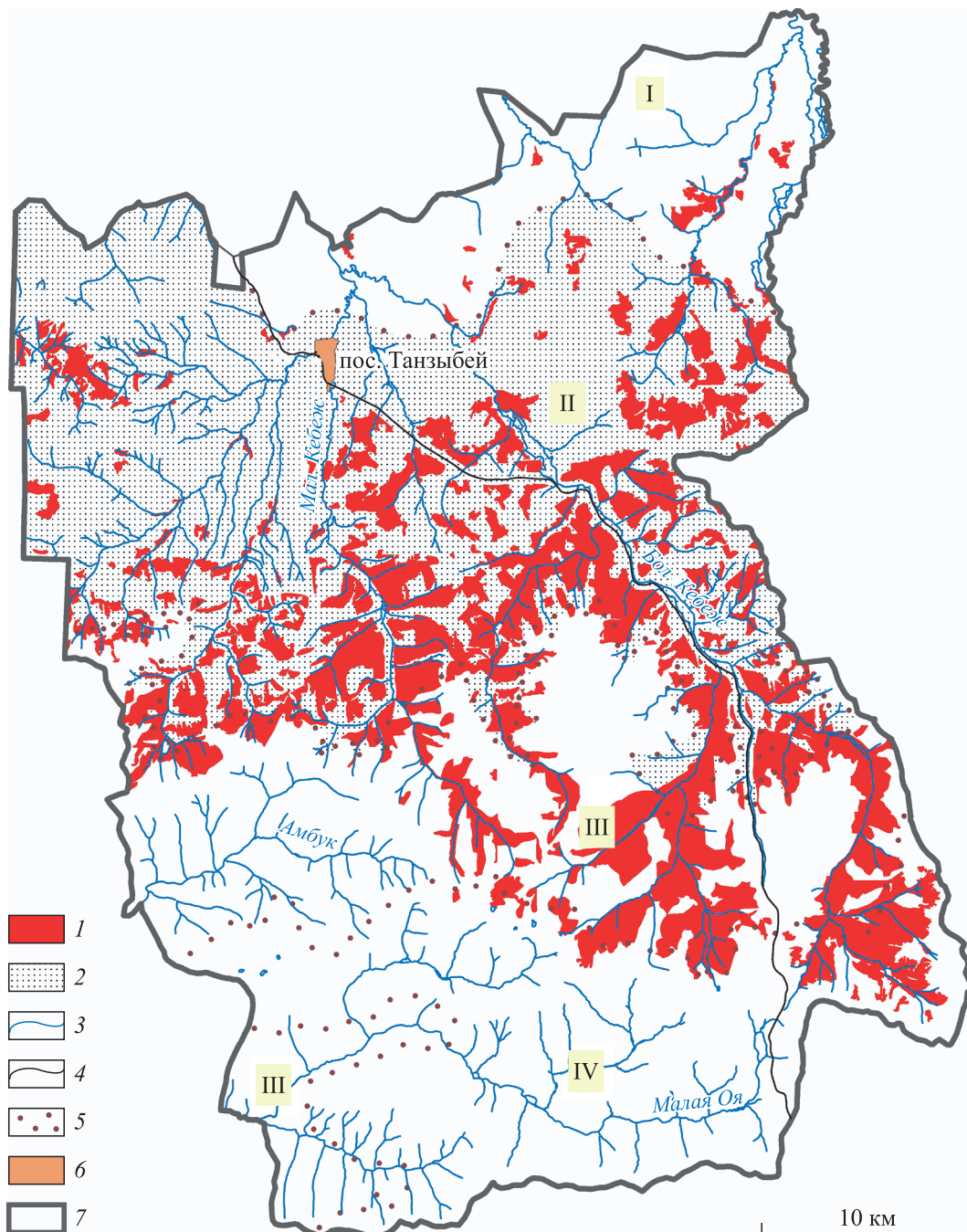


Рис. 1. Распространение кедровников на территории Танзыбейского лесничества.

1 — сохранившиеся массивы кедровников; 2 — потенциальный ареал произрастания черневых кедровников; 3 — гидросеть; 4 — трасса М54; 5 — высотно-поясной комплекс; 6 — пос. Танзыбей; 7 — граница участкового лесничества. Высотно-поясные комплексы: I — подтаежный, II — черневой, III — горно-таежный, IV — подгольцово-субальпийский.

шанными пихтово-лиственными насаждениями, а естественное восстановление кедра занимает длительный срок. Сохранение популяции черного кедра, отличающейся высокой продуктивностью, качеством ореха и продолжительностью жизни поколений в оптимальных для них условиях, возможно только при искусственном возобновлении и уходе за молодняками. Для этого необходима серия специализированных карт (по возобновлению, продуктивности, составу молодняков и др.) на имеющейся ГИС-основе.

С использованием базы данных геоботанических и флористических описаний были определены потенциальные места обитания отдельных охраняемых видов, играющих заметную роль в сложении травяного яруса сообществ, и получены карты их распространения вдоль высотного градиента от 350 до 1500 м над ур. моря. Виды с широким экологическим ареалом, такие как бруннера сибирская (*Brunnera sibirica*), ветреница байкальская (*Anemone baikalensis*), подмаренник душистый (*Galium odoratum*), крестообразник Крылова (*Cruciata krylovii*), отмечаются в подтаежном, черневом и даже горно-таежном ВПК, а местами их встречаемость достигает 80–90 %. На рис. 2 в качестве примера показано потенциальное распространение трех травянистых видов: ветреницы байкальской, бруннеры сибирской, подмаренника душистого. Выявлено, что связь изучаемых видов с формациями выражена менее четко, чем связь с сериями типов леса, особенно для видов с высокой встречаемостью. Указаны точки реального местонахождения видов, а серии типов леса отражают их потенциальный ареал в границах Танзыбейского лесничества (см. рис. 2). Помимо трех указанных видов, к различным местам обитания черного ВПК приурочены и другие виды неморального комплекса, встречающиеся гораздо реже (щитовник мужской (*Dryopteris filix-mas*), многорядник Брауна (*Polystichum braunii*), чистец лесной (*Stachys sylvatica*) и др.) (см. рис. 2).

*Бруннера сибирская* отмечена в описаниях пихтарников, кедровников и осинников крупнотравно-папоротниковой, страусниковой и широколиственно-папоротниковой серий черного ВПК с обилием 10–20 %, а также встречается в подтаежном ВПК в орляково-крупнотравной и орляково-разнотравной сериях сосняков, березняков, осинников с обилием 7–10 %, местами до 30–40 % (рис. 3). Оптимум бруннеры фиксируется в черневом ВПК и во влажных и сырых экотопах подтаежного ВПК на богатых мощных серых лесных оподзоленных почвах.

*Ветреница байкальская* еще чаще, чем бруннера (более 70 % описаний), встречается в бассейне р. Кебеж, имеет более широкий высотно-климатический и экологический ареал, заходя помимо указанных выше серий для бруннеры в травяно-болотную, переувлажненную серию (по периферии Танзыбейской котловины) и занимая микроповышения, гривки (см. рис. 3). С другой стороны, этот вид распространяется выше в среднегорный пояс, в зеленомошно-папоротниково-широкотравные и вейниково-щитовниковые пихтарники и кедровники на границе черного и горно-таежного ВПК (850–900 м), выступая местами в роли доминанта или содоминанта травяного покрова.

*Подмаренник душистый* — вид с высокой встречаемостью в разных сериях черного ВПК, изредка выходит за его пределы, но обилие его не превышает 1–3 %. Оптимум его приурочен к крупнотравно-папоротниковым кедровникам, пихтарникам, осинникам (обычно с бруннерой и вейником туполюсковым).

По аналогии с этими примерами созданы карты потенциальных мест обитания и ряда других видов, имеющих четкую приуроченность к сообществам субальпийского (леuzeя сафлоровидная (*Stemmacantha carthamoides*), борец буйбинский (*Aconitum bujbense*)), черного (чистец лесной (*Stachys sylvatica*), фиалка пальчатая (*Viola dactyloides*)), подтаежного (венерин башмачок (*Cypripedium calceolus*), башмачок пятнистый (*C. guttatum*)) ВПК и др. Эти виды, относимые к редким и исчезающим, на изученной территории встречаются в определенных местах обитания постоянно и связаны не столько с конкретной формацией (т. е. с составом древостоя), сколько с серией типов леса, индицирующей почвенно-экологический и световой режим под пологом леса.

Экопическая приуроченность редко встречающихся видов к отдельным сериям имеет высокое варьирование и не всегда подтверждается присутствием их в соответствующих потенциальных сериях типов. Кроме того, некоторые охраняемые виды приурочены к интразональным местам обитания: поймам рек, каменистым осыпям, скалам и т. д. (ястребинка тувинская (*Hieracium tuvanicum*), сосюра байкальская (*Saussurea baicalensis*), лунносемянник даурский (*Menispermum dauricum*), змееголовник Стеллера (*Dracocephalum stellerianum*) и др.), и для них не выявлено других диагностических критериев.

Таким образом, объединение выделов типов леса в серии типов по сходству экотопов и фитоценологических особенностей оказалось эффективным для отображения потенциальных мест произрастания видов растений, имеющих высокую встречаемость. Это касается не только рассмотренных примеров охраняемых видов, но и многих других, в том числе пищевых и лекарственных видов, таких как папоротник-орляк, черемша, бадан, имеющих промысловое значение в рассмотренном регионе.

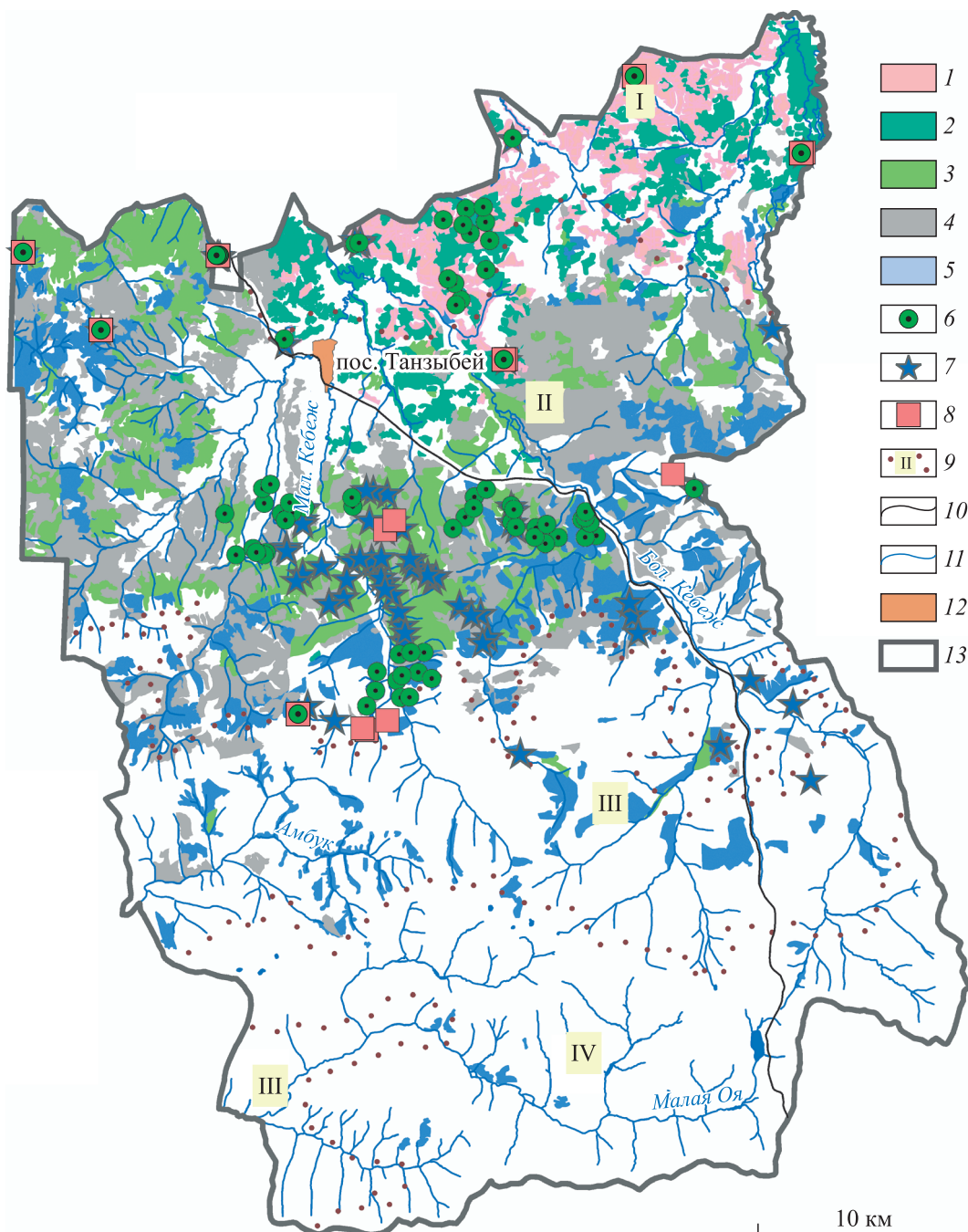


Рис. 2. Потенциальное распространение охраняемых видов в границах Танзыбейского лесничества.

Серии типов леса: 1 — орляково-крупнотравные сосняки, березняки, осинники; 2 — папоротниковые с широко-травьем осинники, сосняки; 3 — крупнотравно-папоротниковые низкогорные кедровники, пихтарники, осинники, смешанные пихтово-лиственные насаждения; 4 — папоротниково-вейниковые кедровники, пихтарники и др.; 5 — крупнотравно-папоротниковые среднегорные кедровники, пихтарники. Места находок охраняемых видов: 6 — бруннера сибирская, 7 — ветреница байкальская, 8 — подмаренник душистый. 9 — высотно-поясной комплекс; 10 — трасса М54; 11 — гидросеть; 12 — пос. Танзыбей. 13 — граница участкового лесничества. I–IV — см. рис. 1.

Использование полноценной эколого-географической основы, заложенной в ГИС (ВПК, формации, серии и типы леса), а также учет особенностей экологии и биологии видов, оценка их приуроченности к конкретным типам сообществ, сериям типов леса определяют не только преимущество предложенного нами подхода, но и его принципиальное отличие от метода, рекомендуемого в ряде



Рис. 3. Бруннера сибирская и ветреница байкальская. Фото Д. И. Назимовой, май 2014 г.

последних работ, посвященных географическому прогнозу распространения видов на основании данных из космоса и отдельных признаков рельефа [28–30].

Современные результаты экологического моделирования ареалов видов, основанного на ГИС-технологиях, позволяют выявлять в мелком масштабе области, подходящие по своим климатическим характеристикам для произрастания того или иного вида [3, 4, 31]. Однако такой подход не дает реалистического представления о потенциальных местах обитания видов растений. Как указывают авторы [5, 32], модель распространения видов должна учитывать разнообразные факторы климата, рельефа, почвенных условий и растительности. На наш взгляд, переход на региональный уровень требует информации о ландшафтных и эколого-ценотических связях видов при моделировании. Согласно [33], для моделирования потенциальных ареалов видов в среднем и крупном масштабе недостаточно климатических данных WorldClim, поэтому рекомендуется привлекать региональные атласы тематических карт, что существенно повышает качество моделей. Популяции видов не существуют в отрыве от экосистем и сообществ, и это определяет необходимость целостного эколого-географического подхода при выявлении распространения того или иного вида в разных природных ландшафтах.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Растительность барьерно-дождевых ландшафтов хребтов Кулумыс и Кедранский характеризуется не только своеобразием горных лесных экосистем, но и высокой концентрацией эндемичных и уникальных сообществ и популяций, в частности охраняемой популяции черного кедра, сохранившейся в бассейне р. Большой Кебеж. Флора черневых кедрово-пихтовых лесов самобытна, насыщена эндемиками и неморальными видами растений. На модельной территории горного лесничества в 168 тыс. га, для которой создана ГИС, произрастает 70 видов высших сосудистых растений, 15 видов мохообразных, 20 видов лишайников, занесенных в Красные книги РФ и Красноярского края. Эти данные намного превосходят ранее опубликованные и свидетельствуют о целесообразности выделения особо охраняемой природной территории в бассейнах рек Большой и Малый Кебеж. Площадь этой территории, согласно разработанному авторами проекту, составила 48 тыс. га.

На примере ряда охраняемых видов растений (популяции кедра сибирского черного, бруннеры сибирской, ветреницы байкальской, подмаренника душистого) показано, что при частой встречаемости видов, отмечаемой на ключевом полигоне в бассейне рек Большой и Малый Кебеж, для выявления их потенциальных ареалов эффективно построение аналитических среднемасштабных карт с исполь-



зованием авторских баз данных флористических и геоботанических описаний и региональной геоинформационной системы. Дифференциация горных лесов на ВПК как на высотно-зональные классы лесных экосистем, близкие по сути к ландшафтным категориям, а внутри них — на серии типов леса, отражающие разнообразие экотопов и фитоценозов, — наиболее действенный инструмент для выявления экотопической и ценоценозической приуроченности охраняемых видов.

Рекомендуемый подход к выявлению потенциальных мест произрастания видов растений, опирающийся на высотно-поясные закономерности и эколого-фитоценозические связи, универсален и может применяться для создания различных карт растительных ресурсов — пищевых, лекарственных, технических.

Полученные материалы, дополнившие базу данных ГИС, и созданные карты потенциальных мест произрастания охраняемых видов растений привлечены авторами для обоснования организации конкретных ООПТ различного статуса. Разработанный подход позволяет на локальном уровне, в конкретном лесничестве планировать перспективную сеть охраняемых мест обитания и намечать необходимые меры по сохранению редких видов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (18-05-00781 А).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Convention** on biological diversity. Concluded at Rio de Janeiro on 5 June 1992. — 83 p. [Электронный ресурс]. — <http://www.cbd.int/convention/text/default.shtml> (дата обращения 18.10.2016).
2. **IUCN Red list categories and criteria: Version 3.1.** Second edition. — Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN., 2012. — 32 p.
3. **Bourg N. A., McShea W. J., Gill D. E.** Putting a cart before the search: Successful habitat prediction for a rare forest herb // *Ecology*. — 2005. — Vol. 86. — P. 2793–2804.
4. **Guisan A., Broennimann O., Engler R., Vust M., Yoccoz N. G., Lehman A., Zimmermann N. E.** Using niche-based models to improve the sampling of rare species // *Conservation Biology*. — 2006. — Vol. 20. — P. 501–511.
5. **Jarvis A., Williams K., Williams B. D., Guarino L., Caballero P. J., Mottram G.** Use of GIS for optimizing a collecting mission for a rare wild pepper (*Capsicum flexuosum* Sendtn.) in Paraguay // *Genetic Resources and Crop Evolution*. — 2005. — Vol. 52. — P. 671–682.
6. **Коновалова Т. И.** Геосистемное картографирование. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2010. — 186 с.
7. **Гостева А. А.** Методическое и информационное обеспечение региональных геоинформационных систем мониторинга природной среды: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Красноярск, 2006. — 20 с.
8. **Беженцев А. Н.** Геоинформационная оценка природопользования. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. науч. центра СО РАН, 2008. — 120 с.
9. **Schelderman X., Zonneveld M. van.** Training manual on spatial analysis of plant diversity and distribution. Biodiversity International. — Rome, 2010. — 180 p.
10. **Белов А. В., Владимиров И. Н., Соколова Л. П.** Картографическая оценка состояния современной растительности Предбайкалья для оптимизации природопользования // *География и природ. ресурсы*. — 2016. — № 2. — С. 62–68.
11. **Работнов Т. А.** Фитоценология. Изд. 2-е. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. — 296 с.
12. **Селедц В. П., Пробатова Н. С.** Экологический ареал вида у растений. — Владивосток: Дальнаука, 2007. — 98 с.
13. **Карта ландшафтов СССР: М-6 1:4 000 000 /** Ред. А. Г. Исаченко, А. А. Шляпников, О. Д. Робозерова. — М: ГУГК, 1988. — Л.
14. **Черепнин Л. М.** История исследования растительного покрова южной части Красноярского края // *Уч. зап. Краснояр. пед. ин-та*. — 1954. — Т. 3, вып. 1. — С. 3–80.
15. **Степанов Н. В.** Флора северо-востока Западного Саяна и острова Отдыха на Енисее (г. Красноярск). — Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 2006. — 170 с.
16. **Типы лесов гор Южной Сибири /** Ред. В. Н. Смагин. — Новосибирск: Наука, 1980. — 336 с.
17. **Поликарпов Н. П., Чебакова Н. М., Назимова Д. И.** Климат и горные леса Южной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1986. — 224 с.
18. **Krestov P., Nazimova D., Stepanov N., DellaSala D.** Humidity dependent forests of the Russian Far East, Inland Southern Siberia, and Korean Peninsula // *Temperate and boreal rain forest of the world: ecology and conservation*. — Washington, 2011. — P. 222–234.
19. **Nazimova D. I., Danilina D. M., Stepanov N. V.** Rain-barrier forest ecosystems of the Sayan Mountains // *Botanica Pacifica: A Journal of Plant Science and Conservation*. — 2014. — Vol. 3 (1). — P. 39–47.
20. **Казаков И. Н.** Очерк геологического строения Западного Саяна // *Тр. ВСЕГЕИ*. — 1961. — Т. 58. — С. 28–35.

21. **Исмаилова Д. М., Бабой С. Д., Гостева А. А., Назимова Д. И.** Применение ГИС для анализа связи лесной растительности с рельефом на примере барьерно-дождевых ландшафтов Западного Саяна // Геоинформатика. — 2011. — № 3. — С. 29–35.
22. **Степанов Н. В., Васильев А. Н., Тупицына Н. Н., Антипова Е. М., Сонникова А. Е., Андреева Е. Б., Штаркер В. В., Белик О. В., Матвеева Ю. В.** Флора Саян. — Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 2003. — 328 с.
23. **Степанов Н. В.** Сосудистые растения Приенисейских Саян. — Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2016. — 252 с.
24. **Красная книга Красноярского края: Растения и грибы.** — Красноярск: Поликом, 2005. — 368 с.
25. **Красная книга Российской Федерации (растения и грибы).** — М.: КМК, 2008. — 855 с.
26. **Черепанов С. К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). — СПб.: Мир и семья, 1995. — 992 с.
27. **Кедровые леса Сибири / Отв. ред. А. С. Исаев.** — Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1985. — 256 с.
28. **Saatchi S., Buermann W., TerSteege H., Mori S., Smith T. B.** Modeling distribution of Amazonian tree species and diversity using remote sensing measurements // Remote Sensing of Environment. — 2008. — N 112. — P. 2000–2017.
29. **Bradley V. A., Olsson A. D., Wang O., Dickson B. G., Pelech L., Sesnie E., Zachmann L. J.** Species detection vs. habitat suitability: Are we biasing habitat suitability models with remotely sensed data? // Ecological Modelling. — 2012. — Vol. 244. — P. 57–64.
30. **Дудов С. В.** Моделирование распространения видов по данным рельефа и дистанционного зондирования на примере сосудистых растений нижнего горного пояса хр. Тукурингра (Зейский заповедник, Амурская область) // Журн. общей биологии. — 2016. — Т. 77, № 2. — С. 122–134.
31. **Парфенова Е. И., Чебакова Н. М.** Представление климатического и климатописического разнообразия в ГИС и анализ его влияния на биоразнообразии различных уровней организации растительности // Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. — С. 536–547.
32. **Nock E. E.** A simple GIS approach to predicting rare plant habitat: North Central Rocky Mountains, United States Forest Service, Region One. — Montana: University of Montana. — 2008. — 74 p.
33. **Солодянкина С. В., Истомина Е. А., Сороковой А. А., Чепинога В. В.** Моделирование потенциального ареала ветреницы байкальской (*Anemone baicalensis*, *Ranunculaceae*) в Байкальском регионе // География и природ. ресурсы. — 2016. — Спец. вып. (№ 5). — С. 92–99.

*Поступила в редакцию 5 мая 2017 г.*