

## МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 574.9+528.94

DOI: 10.15372/GIPR20240316

**Г.Н. ОГУРЕЕВА, М.В. БОЧАРНИКОВ**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия, ogur02@yandex.ru, maxim-msu-bg@mail.ru

### КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ БОТАНИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ

Освещены проблемы инвентаризации, оценки и мониторинга биоразнообразия на основе картографирования как развивающегося самостоятельного направления исследований, позволяющего проводить пространственный анализ биоты с использованием широкого спектра тематических карт. Рассмотрены примеры выявления разнообразия биоты, которое проводится с помощью картографического метода на четырех основных уровнях: видовое богатство конкретных (локальных) флор, фитоценоотическое (видовое богатство и разнообразие сообществ растительных формаций), определенных природных комплексов (ландшафтное биоразнообразие) и экосистемное разнообразие. Дан краткий экскурс в историю формирования теоретико-методических принципов картографирования биоразнообразия, в результате которого к настоящему времени подготовлены сотни карт, отражающих разнообразие организмов на основе разных подходов и методических разработок. К ним относятся карты флористического и фаунистического разнообразия мира (схемы изолиний, связывающих точки с одинаковыми количественными показателями оценки уровней флористического и фаунистического видового богатства в пересчете на определенную площадь); карты на сеточной (растровой) основе (использование ячеек определенной площади с отметками присутствия–отсутствия вида или комплекса видов в каждой из ячеек); карты, составленные на основе моделирования числа таксонов в зависимости от условий среды (метод моделирования по экологическим параметрам); карты фитоценоотического разнообразия. Показаны примеры успешного применения данных дистанционного зондирования Земли, прежде всего космических снимков, для создания и использования разномасштабных карт, что открывает новые возможности в исследовании биоразнообразия. Представлен эколого-географический подход к выявлению и оценке биоразнообразия, перспективы которого связаны с его изучением в естественных границах подразделений биотического покрова разного уровня на основе экологических единиц подразделений биосферы — региональных биомов. Особое значение такой подход приобретает при исследовании фундаментальных проблем географии биоразнообразия горных территорий.

**Ключевые слова:** биота, флора, растительность, экосистема, биом, космические снимки.

**G.N. OGUREEVA, M.V. BOCHARNIKOV**

Lomonosov Moscow State University,  
119991, Moscow, Leninskie gory, 1, Russia, ogur02@yandex.ru, maxim-msu-bg@mail.ru

### GEOGRAPHICAL SUPPORT OF RESEARCH WORK ON THE STUDY OF BOTANICAL DIVERSITY

*This outlines the issues related to inventory, evaluation and monitoring of biodiversity, based on mapping as a developing independent research direction that allows for the spatial analysis of biota based on using a wide range of thematic maps. Examples of identifying biota diversity are considered using the cartographic method at four main levels: species richness of concrete (local) floras, phytocoenotic diversity (species richness and diversity of communities of vegetation formations), natural complexes (landscape biodiversity), and ecosystem diversity. A short historical overview of the gradual formation of theoretical and methodological principles of biodiversity mapping is given. As a result of these principles, hundreds of maps have been prepared to date, reflecting the diversity of organisms based on different approaches and methodological principles. There are maps of the*

*floristic and faunistic diversity of the world (isoline diagrams connecting points with the same quantitative indicators for assessing the levels of floristic and faunistic species richness of a certain area); maps on a grid (raster) basis (the use of cells of a certain area with marks of presence-absence of a species or a complex of species in each of the cells); maps compiled on the basis of modeling the number of taxa depending on environmental conditions (modeling method by ecological parameters), and maps of phytocenotic diversity. Examples of the successful application of Earth remote sensing data and, above all, satellite images are shown for the creation and use of multi-scale maps that have new prospects in biodiversity studies. In the final part of the paper, an ecological-geographical approach to the identification and assessment of biodiversity has been considered. Its prospects are related to the study of biodiversity within the natural boundaries of biotic cover units of different levels on the basis of ecological units of biosphere subdivisions — regional biomes. This approach is of particular importance in the study of fundamental problems of the biodiversity geography of mountain areas.*

**Keywords:** biota, flora, vegetation, ecosystem, biome, satellite images.

## ВВЕДЕНИЕ

Географические аспекты составляют существенную часть исследовательских программ по сохранению биологического разнообразия. В планетарном масштабе в соответствии с Конвенцией о биологическом разнообразии, принятой в Рио-де-Жанейро (1992 г.) и ратифицированной Россией в 1995 г., биологическое разнообразие рассматривается как один из важнейших факторов устойчивого развития страны и ее природных ресурсов. Исследования в области географии биологического разнообразия, показывающие не только закономерности его пространственного распределения, но и основные тенденции динамики, продолжают оставаться актуальными при решении проблем его сохранения. Картографический метод исследования вносит свой вклад в получение новых знаний о географии биоразнообразия и совершенствование практик его охраны. В настоящем обзоре акцент сделан на подходах к картографированию ботанической составляющей биоразнообразия.

В многовековом опыте познания природы карта издавна была признана эффективным инструментом изучения пространственно-временных явлений и процессов, что сделало ее незаменимым средством представления пространственно распределенной информации. Картографический метод исследования, будучи универсальным способом познания в географической науке, включает совокупность приемов обработки пространственных данных, находящихся отражение на картах, которые используются для описания, анализа и познания явлений и процессов в их взаимосвязи. Биогеографическое картографирование заняло свое место в разделе карт природы современной тематической картографии, при этом развитие биогеографических исследований тесно связано с совершенствованием принципов, подходов и методов картографирования биоты [1].

Карта является своеобразной формой хранения информации о закономерностях распространения биологических объектов, позволяет интегрировать на научной основе структурные, экологические, динамические свойства биотического покрова и получать пространственные представления об их выраженности. Картографический метод исследования, получивший новые возможности на основе применения геоинформационных технологий, материалов дистанционного зондирования Земли, стал одним из основных в эколого-географических исследованиях, в частности в оценке биоразнообразия и анализе его состояния. При этом геоинформационное картографирование, опираясь на принципы и опыт традиционного биогеографического картографирования, открывает новые возможности в познании распространения биоты.

Цифровые карты обладают рядом преимуществ: они позволяют быстро строить разные варианты, преобразовывать системы координат, создавать трехмерные изображения и отображать динамические сюжеты, на одной и той же базе данных получать серию производных карт и некартографических сюжетов анализа информации. В то же время интерактивный способ, сочетающий различные принципы обработки, редактирования и корректуры данных, генерализации с учетом взаимосвязей явлений и объектов, непосредственно связан с эффективностью использования опыта и накопленных знаний в картографии [2]. Цифровые тематические карты растительности и картографические модели, построенные в результате обработки материалов космической съемки, являются источниками выявления связей между пространственной организацией растительности на разных иерархических уровнях, а также используются в качестве основы для расчета показателей и индексов разнообразия, получаемых на базе статистического анализа.

Повышенное внимание к проблемам сохранения биоразнообразия через инвентаризацию, мониторинг, оценку его состояния и сбалансированное использование его компонентов способствует развитию самостоятельного проблемного направления — картографирования биоразнообразия [1, 3, 4].

В тематическом картографировании постепенно накапливается опыт использования пространственного анализа биоты, расширяется тематический спектр карт и их масштабный диапазон. На этой основе определяются подходы к решению задач, связанных с сохранением биоразнообразия, получением новых представлений о географических закономерностях распространения биологических объектов, и в этом плане картографический метод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами исследования биоты.

География биоразнообразия в пространстве складывается из видового богатства и ценотической структуры растительного покрова, разнообразие которых изменяется в соответствии с важнейшими географическими градиентами — широтно-зональным на равнинах, высотно-поясным в горах и градиентом океан — континент по мере удаления от морского побережья вглубь континента. Традиционно в биогеографии карты использовались как способ представления результатов анализа количественных изменений биоты в зависимости от географического положения флор и фаун. В процессе разработки концепции биологического разнообразия сложилось представление о базовых единицах таксономического и типологического разнообразия [5]. В практической работе по учету и сохранению разнообразия биоты его оценка проводится на четырех основных уровнях, таких как видовое богатство в пересчете на конкретные площади, ценотическое (видовое богатство и разнообразие сообществ растений и животных), определенных природных комплексов (ландшафтное биоразнообразие) и экосистемное разнообразие.

**Картографирование биоразнообразия.** Картографический метод для изучения биоразнообразия на видовом и ценотическом уровнях стал использоваться задолго до формулирования проблемы биоразнообразия как одного из важнейших компонентов устойчивого развития планеты. На глобальном уровне первые попытки оценить и представить картографически биоразнообразие Земли предпринимались в XVIII–XIX вв. на схемах ботанико-географического и зоогеографического разделения поверхности планеты по степени своеобразия флоры и фауны. Среди них выделяется исследование датского ботаника И. Скоу, который в своем труде «Основы общей географии растений» (1823) положил статистическую обработку флор (по методу, предложенному Р. Броуном и А. Гумбольдтом в 1807 г., по [6]) в основу деления растительного покрова Земли. Он одним из первых выделил 25 естественных флористических подразделений Земли — царств — на основе количественных характеристик флор с учетом эндемичных и преобладающих видов, а также природных особенностей территории. Это направление флористической географии продолжил Е.В. Вульф [7] на известной карте флористического разнообразия, которая одна из первых проиллюстрировала изменение степени богатства флор различных регионов мира (рис. 1). На широко известной карте флористических подразделений суши земного шара А.Л. Тахтаджян [6] представил наиболее полную схему флористического районирования планеты посредством количественного учета эндемичных семейств и родов для областей и провинций.

Очевидные успехи в изучении биоразнообразия Земли в XX в. обусловлены более широким использованием картографического метода в научной и практической деятельности. В результате появились огромные массивы картографических материалов по инвентаризации биоразнообразия — карты ареалов видов и других таксонов живых организмов, ценотического разнообразия живого покрова [8]. Постепенно формируются теоретико-методические принципы картографирования биоразнообразия, постоянно совершенствуются методы картографирования биоты. К настоящему времени подготовлены сотни карт, отражающих разнообразие организмов, на основе различных подходов и методических разработок.

На рубеже XX–XXI вв. появились известные карты флористического и фаунистического разнообразия мира (схемы изолиний, связывающих точки с одинаковыми количественными показателями оценки уровней флористического и фаунистического видового богатства в пересчете на определенную площадь). Так, на обзорной мелкомасштабной карте потенциального разнообразия наиболее изученных на глобальном уровне сосудистых растений мира показано число видов в расчете на  $10\,000\text{ км}^2$  [9]. Выделено 10 зон фиторазнообразия (в диапазоне от  $<500$  до  $>5000$  видов). Видовое разнообразие наземной фауны мира с выделением семи зон зооразнообразия нашло отражение на карте [10], где число видов животных суши и прибрежных вод рассчитано на  $100\text{ км}^2$  (в границах элементарных фаун). В основном этот картографический прием осуществляется при оценке альфа-разнообразия по различным показателям и индексам флористического разнообразия, или видового богатства. Известны аналитические картосхемы флористического разнообразия территории бывшего СССР в пересчете на 100, 1000,  $10\,000$ ,  $100\,000\text{ км}^2$ , богатства видов по отдельным систематическим таксонам (роды, семейства) [11]. Рассчитанное с помощью статистических методов число видов для флористических регионов уточнено на основе ряда экологических параметров (продолжительность периода



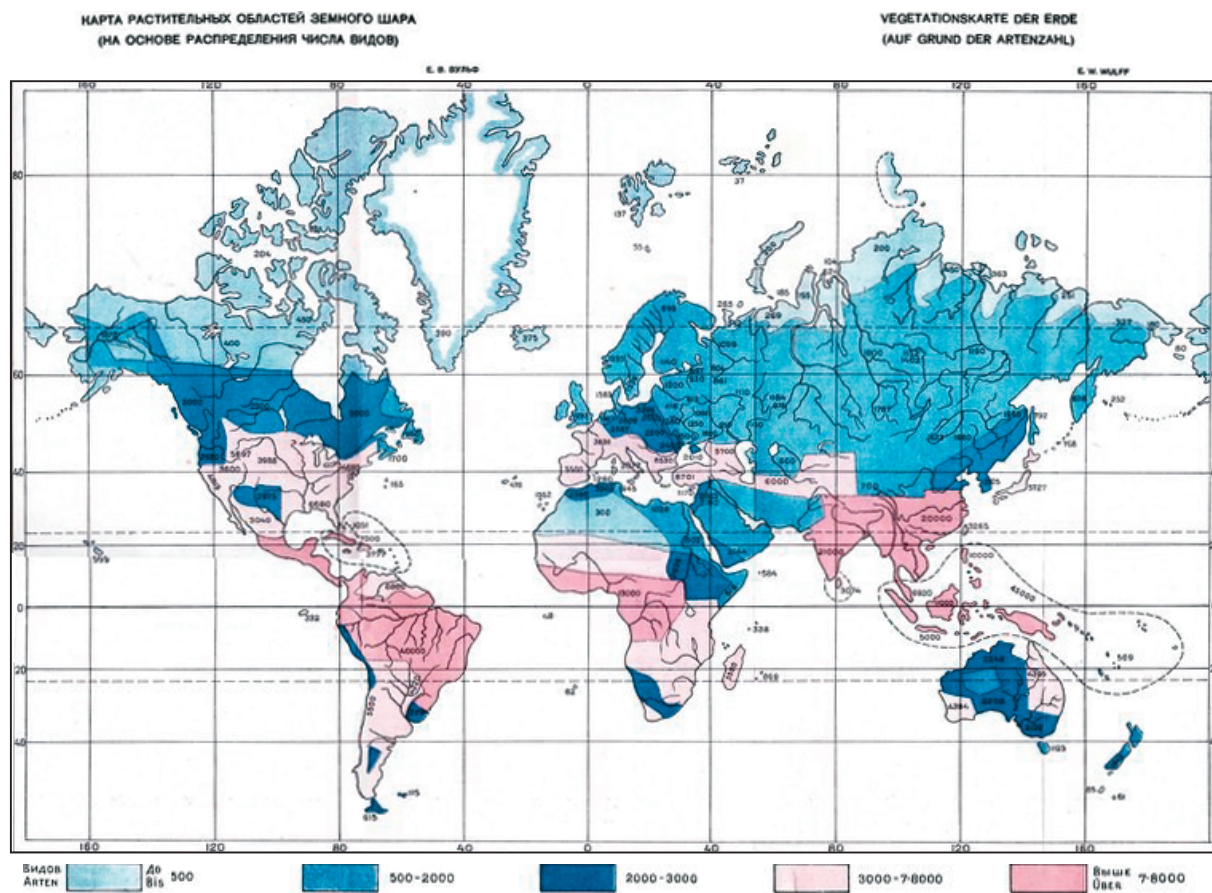


Рис. 1. Карта растительных областей земного шара на основе количественного распределения видов [7].

вегетации, влажность, разнообразие экологических условий в горных районах). Этот подход картографирования путем расчета числа видов на стандартные площади с последующей корректировкой по природным и социально-экономическим картам широко используется в исследованиях.

Для отображения флористического разнообразия таксонов разного уровня используется достоверный метод оценки точной картографической регистрации видов на сеточной (растровой) основе. Составляются картосхемы с использованием квадратов определенной площади с отметками присутствия – отсутствия вида или комплекса видов в конкретном квадрате. Этот метод применялся на протяжении нескольких десятилетий для картографирования сосудистых растений флоры Европы в целом. Метод достаточно трудоемок, и даже для хорошо изученных регионов создание подобных карт требует много сил и времени. Однако он все более успешно применяется в региональных исследованиях [12], все шире используется в последних изданиях Красных книг субъектов РФ.

Наличие компьютерных баз данных о распространении видов дает возможность применять алгоритмы анализа более сложные, чем простая оценка региональных различий в количестве и обилии видов. По числу видов конкретных флор составлены карты европейской части России [13, 14]. Для сохранения биоразнообразия важно выявление очагов видового разнообразия и определение их ранга с учетом, помимо таксономического разнообразия, таких показателей, как эндемизм, реликтовость, редкость, ресурсная значимость и пр. Карты оценки разнообразия видов позволяют выделить территории с высоким видовым разнообразием как на глобальном, так и на региональном уровне [15]. При этом кроме повышенного относительно фона биоразнообразия, следует учитывать также степень сохранности и угрозу утраты объектов охраны.

Помимо биоразнообразия, все чаще включаются в биогеографические разделы атласов или блоки ГИС в виде единичных сюжетов, или серии карт. Известны примеры опубликованных атласов биоразнообразия [16–18]. В других атласах приводятся сюжеты с оценкой альфа-разнообразия по разным показателям и индексам видового богатства [19, 20]. В «Национальном атласе Арктики» [21]



специальный раздел посвящен отображению разнообразия сосудистых растений, мохообразных и лишайников региональных биомов (по показателям общего количества видов, количества видов в пересчете на 100 км<sup>2</sup> и количества видов, включенных в Красную книгу РФ). В зоогеографической части биологического раздела помещены различные карты, характеризующие качественные и количественные оценки распространения видов млекопитающих и птиц в Арктике.

Использование геоинформационных технологий в изучении биологического разнообразия находит все более широкое применение в биогеографическом картографировании. Проблемы разработки и создания ГИС, направленных на изучение биоразнообразия, применения геоинформационных технологий для анализа, оценки и картографирования биоразнообразия в целях его мониторинга и сохранения освещаются во многих публикациях и обсуждаются на конференциях. В результате накоплен картографический опыт оценки видового богатства на разных уровнях организации биоты — от конкретных флор и фаун до флористических царств и фаунистических областей. При этом активно разрабатываются многочисленные интернет-ресурсы с аналогичными принципами картографирования биоразнообразия. Каталог информационных ресурсов «Стратегии и Плана действий по сохранению биоразнообразия России» [22] включает более 320 карт.

Оценки видового богатства не ограничиваются только количественными показателями (числом видов) или более продвинутым приемом определения разнообразия с использованием элементов теории информации. Цифровая эпоха открыла новые возможности моделирования и анализа пространства, в том числе его картографирования. Один из наиболее широко применяемых подходов основывается на моделировании числа таксонов в зависимости от условий среды (метод моделирования по экологическим параметрам). С помощью ГИС составляются карты потенциального распространения видов, отражающие степень пригодности местообитаний и свойственных им экологических условий для биологических видов [23]. Сопоставление таких карт с картами актуального распространения видов позволяет создавать прогнозные карты на разные временные периоды, например в связи с различными сценариями изменения климата [24].

Появление интернет-ресурсов GBIF, iNaturalist, plantnet, ru-birds (наблюдение за птицами), создание баз данных и переход на цифровую основу открывают новые возможности для составления цифровых карт и их анализа. Уже более 10 лет ведутся работы по формированию цифровой базы данных о биоразнообразии сосудистых растений России. Портал «Флора России» призван освещать информацию о распространении видов и динамике изменения ареалов растений, а также о количественных характеристиках флор на уровне отдельных видов и их флорогенетических комплексов. Данные включаются в международные хранилища, в результате чего можно говорить о возникновении цифровой флористики.

**Картографирование фитоценотического разнообразия.** Информацию о ценотическом разнообразии на качественном уровне традиционно содержат карты растительности, которые отображают типологическое разнообразие как коренных, так и производных сообществ в соответствии с избранной для легенды системой классификации растительности и являются исключительным по информативности средством отображения флороценотического разнообразия и современного экологического потенциала территории [4]. После создания ряда обзорных научно-справочных мелкомасштабных карт растительности конца XX в. интерес постепенно сместился в сферу крупномасштабного картографирования.

Крупномасштабным картам современного растительного покрова, которые могут быть наполнены специальной информацией по оценке биоразнообразия отдельных его подразделений (от ассоциаций до формаций), принадлежит важная роль. Весь накопленный опыт картографирования растительности говорит о типологическом разнообразии растительных сообществ различных в природном отношении регионов. Этот этап инвентаризации растительных сообществ в методическом плане хорошо отработан. В настоящее время решаются задачи разработки методологии и картографических приемов составления оценочных карт ценотического разнообразия на основе ГИС-технологий. В этом плане востребованы крупномасштабные карты современного ценотического разнообразия растительного покрова, особенно для целей мониторинга состояния биоразнообразия на заповедных или ценных в биологическом отношении территориях. В качестве примера можно привести крупномасштабную карту растительности Государственного природного заповедника «Пинежский», составленную с применением современных методов многомерной статистики и ординации, с использованием космических снимков Landsat-8. К анализу снимков были подключены морфометрические характеристики рельефа. Полученная пространственная база данных позволила оценить присутствие в заповеднике различных типов растительных сообществ, выделенных на основе эколого-морфологической класси-

фикации [25]. На среднемасштабной (м-б 1:300 000) карте растительности Государственного природного заповедника «Норский», единственного маревого заповедника России, нашли отображение зонально-провинциальные особенности растительного покрова через его типологические подразделения, а также территориальные единицы — эколого-динамические ряды и сочетания растительных сообществ [26]. Особо следует отметить крупномасштабную карту (м-б 1:100 000) растительности Государственного природного заповедника «Остров Врангеля», на основе которой проведен анализ картометрических и морфометрических параметров структурных единиц растительного покрова — фитоценохор. Во многих фитоценохорах соседствуют сообщества, принадлежащие разным категориям флористической классификации растительности, которые могут быть использованы в крупномасштабном картировании [27]. Серия крупномасштабных карт с использованием ГИС-технологий составлена для существующих и предлагаемых для охраны комплексных памятников природы Санкт-Петербурга. На основе детальных карт получены новые данные о ландшафтном и ценотическом разнообразии растительных сообществ и их экотопов, при этом принималось во внимание соответствие биотопов европейской классификации местообитаний EUNIS, получены сведения о флоре сосудистых растений, мохообразных, лишайников, макроводорослей и фауны особо охраняемых природных территорий [28].

Трехмерная структура горного пространства определяет специфику формирования горной растительности в пределах высотно-поясных подразделений, для которых разработана иерархическая система типов высотной поясности [29]. Единая основа, раскрывающая разнообразие горных экосистем, позволяет переходить к их сравнению в контексте исторической и современной эколого-географической интерпретации. Это определяет широкие возможности для понимания формирования сложной организации биоразнообразия гор, что важно в отношении не только его современного состояния, но и прогноза в связи с наблюдающимися глобальными изменениями природной среды. Картографирование горных территорий всегда сопряжено с большими трудностями как при сборе информации, так и при ее анализе и картографической интерпретации, что делает каждую крупномасштабную карту растительности ценной и интересной. В качестве примера можно привести крупномасштабную карту растительности Государственного природного заповедника «Зейский» [30], которая позволяет раскрыть высотно-поясную структуру растительности гор, в пределах каждого пояса показать высотные комплексы сообществ разных формаций, проследить их соотношение в зависимости от природных условий горных склонов, определить ценотическое и флористическое разнообразие подразделений растительного покрова.

Быстрое развитие биогеографического картографирования в целом определило появление и применение для составления карт данных дистанционного зондирования Земли, и прежде всего космических снимков, что открыло новые перспективы для создания и использования карт. С их помощью стало возможным решать новые задачи, связанные с оперативностью создания карт, обеспечением мониторинга, машинной обработкой информации. Формируется новая концепция компьютерного (цифрового) картографирования растительности, при этом широко используется накопленный опыт отображения ботанической информации, особенно связанной с оценкой биоразнообразия, на планетарном, региональном и локальном уровнях изучения. В этом ряду первой стоит базовая обзорная карта «Растительный покров России» (м-б 1:15 000 000), составленная по материалам космической съемки [31]. В «Экологическом атласе России» [19] растительный покров представлен картой растительности и серией карт лесов России, созданных по материалам космической съемки с использованием снимков MODIS и привлечением более детальных снимков посредством специально разработанного метода локально-адаптивной классификации [32]. Помещенное в атласе растровое изображение (м-б 1:20 000 000) довольно детально отражает пространственное распределение растительных сообществ, выделенных на основе структурно-физиономических признаков.

Цифровые тематические карты растительности и картографические модели, построенные в результате обработки материалов космической съемки, являются источниками для выявления связей между типологическими подразделениями растительности разного иерархического уровня, а также основой для расчета показателей и индексов разнообразия, полученных с помощью статистического анализа. В качестве опорных элементов структуры разнообразия выступают подразделения растительности, выделенные в соответствии с ее типологией в рамках выбранной при создании легенды классификации. Количество типологических единиц, их взаимное сочетание определяют пространственные закономерности в структуре разнообразия, которые могут быть оценены в связи с комплексом экологических и географических факторов. При этом важно соблюдение единства классификационной основы для получения результатов, которые можно использовать при сравнительном анализе био-

разнообразия. В качестве примера приведем электронную карту лесов Северо-Восточно-Забайкальского таежного оробиима [33] (рис. 2). Электронная мелкомасштабная карта лесов, полученная в результате обработки и визуализации данных, организованных и структурированных в виде базы данных, является инструментом географического познания. Здесь показано положение горно-таежного пояса в высотном-поясном спектре, выявлена его пространственная структура с отображением типологического разнообразия. Горно-таежный пояс определяет региональную специфику флористического и ценозического разнообразия восточносибирских горных лесов оробиима. Для горно-таежного пояса определены ключевые показатели тепло- и влагообеспеченности его двух высотных полос, характеризующие климатические условия формирования биоразнообразия в горах Северного Забайкалья.

С картографическим представлением биоразнообразия тесно связаны ординационные схемы, определяющие положение различных подразделений растительности и показателей их видового и ценозического разнообразия по градиентам экологических условий. Для выяснения пространственных закономерностей распределения биоты широко привлекаются биоклиматические показатели. На глобальном уровне высшие подразделения растительного покрова планеты формируются в соответствии с пространственной организацией универсальных показателей тепло- и влагообеспеченности. Показатели биологически активной температуры, годового количества осадков и потенциальной эвапотранспирации позволяют представить современное разнообразие основных наземных экосистем в системе зональных и провинциальных градиентов климатических условий, на основе которых выделяются территориальные подразделения в соответствии с обеспеченностью теплом и увлажнением [34]. На основе трех связанных друг с другом показателей в виде обобщенной матрицы представлено разнообразие всего растительного покрова — зональных и высотных типов растительности, которые

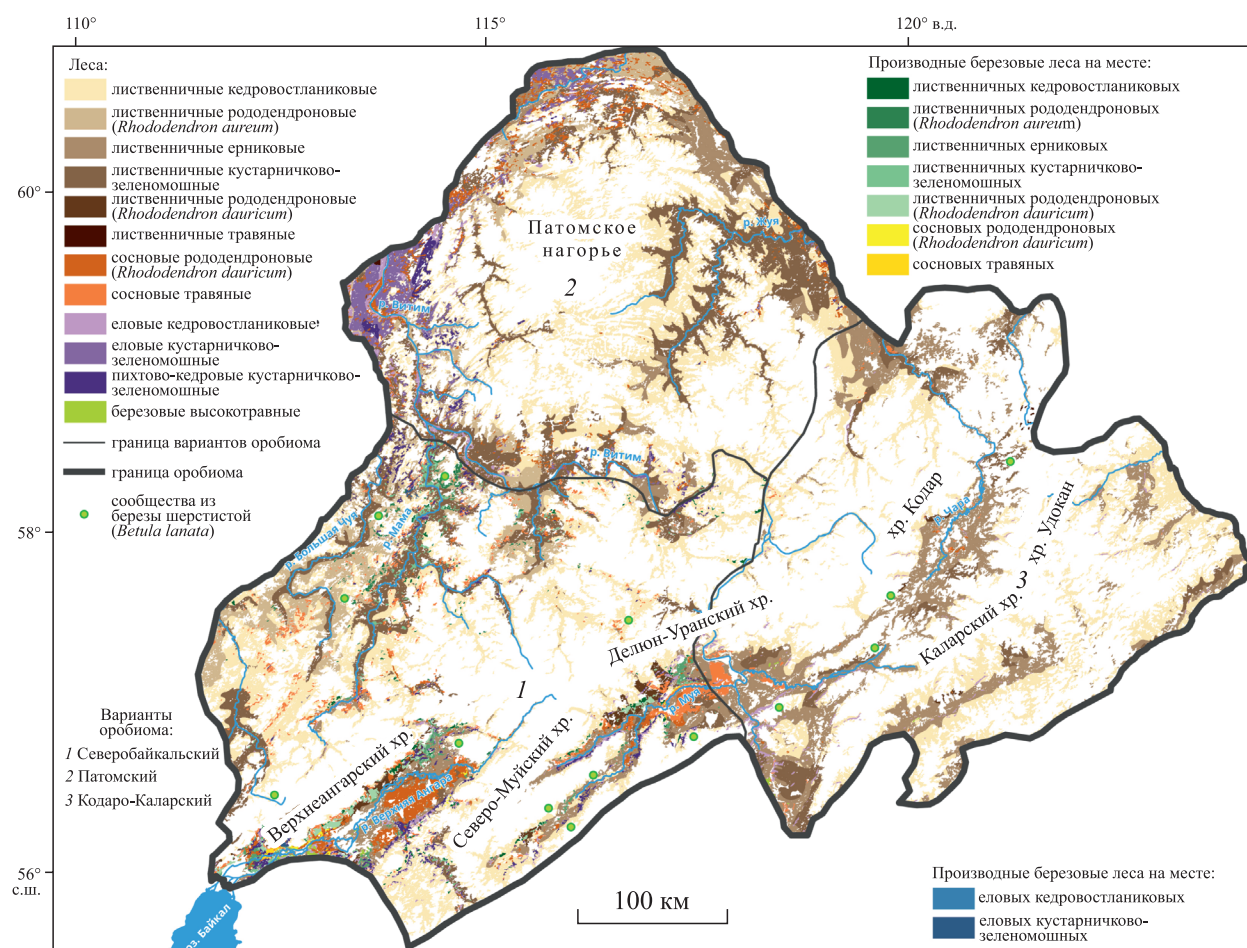


Рис. 2. Разнообразие лесов Северо-Восточно-Забайкальского таежного оробиима [33].



Предложенные глобальные модели находят картографическую интерпретацию на региональном уровне. В более крупном масштабе с использованием тех же показателей возможна детализация пространственных аспектов связей растительности с климатом.

В картографировании перспективной представляется также оценка биоразнообразия на биомной основе. Биом как ключевое понятие в концепции экосистем наиболее полно отражает экологический потенциал территории, который раскрывается через растительный покров — базовый компонент экосистем [4]. Биота находит свое интегральное выражение в биоме через взаимосвязи компонентов растительного покрова и животного населения с условиями среды их обитания в пространственном распределении от конкретных биогеоценозов и их сопряженных территориальных сочетаний на локальном уровне до экосистем глобального масштаба — зонобиомов на равнинах и оробиомов в горах как подразделений биосферы. Иерархия биомного разнообразия представляется соподчинением категорий: класс — подкласс — группа региональных биомов — региональный биом. Региональные биомы отражают конкретные абиотические условия через структуру и состав биоты. К этой группе биогеографических карт относится новая по содержанию карта «Биомы России» (м-б 1:7 500 000), разработанная на кафедре биогеографии МГУ им. М.В. Ломоносова и изданная в серии карт природы для высшей школы [35].

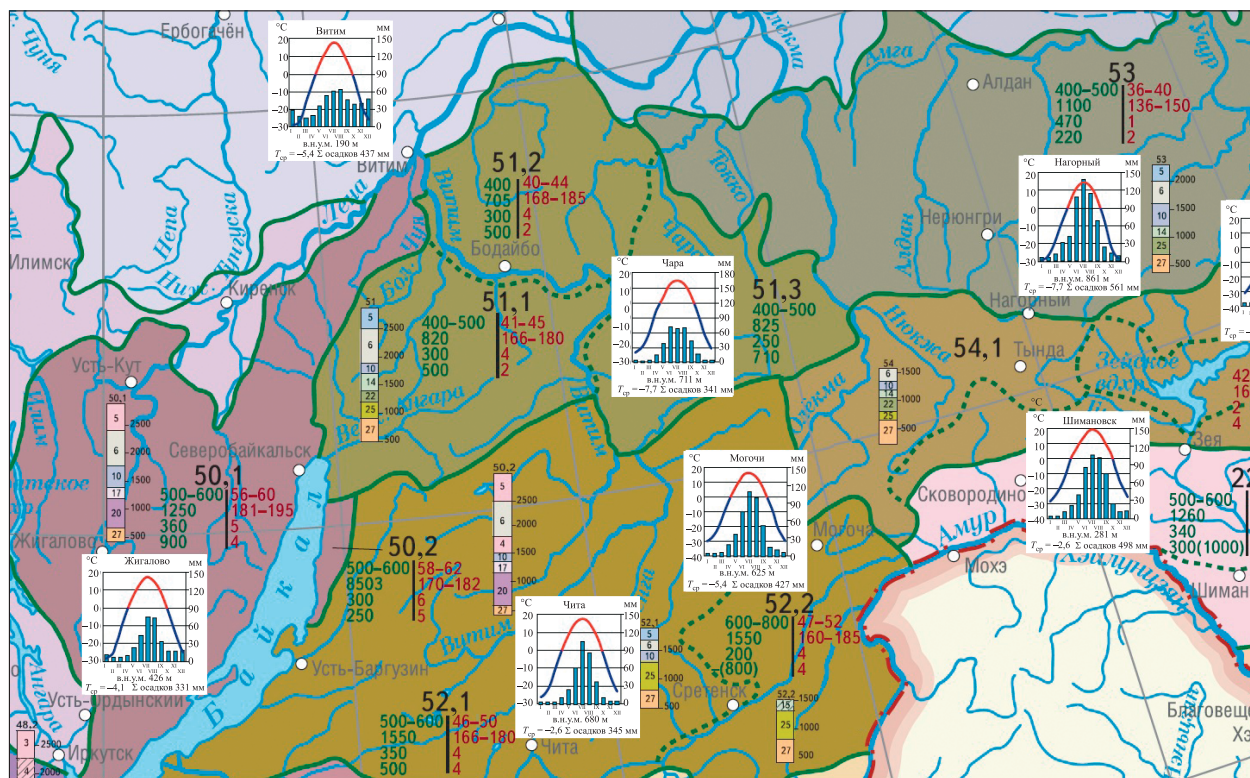


Рис. 3. Фрагмент карты «Биомы России» (с Северо-восточно-Забайкальским оробиемом) [35].

Как экологическая единица подразделения биосферы, региональный биом связан с зональными и высотно-поясными климатическими условиями, т. е. существует при определенном соотношении тепла и влаги. Биом включает в себя растительные сообщества и животное население, неразрывно связанные друг с другом. Для биома характерно флористическое интегральное богатство в целом и по отдельным экосистемам, фаунистическое разнообразие биома приводится для таксономических групп наземных позвоночных животных. Каждый региональный биом имеет свою структуру, проявляющуюся в соотношении зональных, эдафических, экологических вариантов экосистем, их климатических (коренных) и производных состояний, в которых во многих случаях доминируют иные жизненные формы. Количественная оценка флористического разнообразия приведена для сосудистых растений, мохообразных и лишайников. Характеристика животного населения ведется по четырем группам позвоночных животных (млекопитающие, птицы, пресмыкающиеся и земноводные). На карте нашли отображение 66 региональных биомов — 35 равнинных и 31 оробиом. Все оценочные показатели каждого регионального биома вынесены непосредственно на карту (рис. 3). Для оробиемов приведены высотно-поясные спектры. Биогеографическая характеристика равнинных региональных биомов дана в коллективной монографии «Биоразнообразие биомов России» [4].

Актуальными являются исследования, посвященные решению фундаментальных проблем географии биоразнообразия горных территорий. Анализ цифровой карты горно-таежных лесов Северного Забайкалья (см. рис. 2) показал, что распределение разных типов лесных экосистем позволяет перейти к оценке пространственной организации оробиема. В результате проведенных картографических исследований подтверждена важная роль экологических условий высотно-поясных спектров горных биомов в дифференциации экосистемного и биотического разнообразия лесов [33]. Успешное обращение к оробиемам при анализе флористического и фитоценотического разнообразия гор определяет перспективы разработки системы их мониторинга на единой биомной основе, а картографический метод исследования при оценке и анализе биоразнообразия имеет при этом свои преимущества.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Картографический метод исследования позволяет получить новую информацию о богатстве биоты (флоры и фауны), спектров фитоценотического разнообразия и экологических групп животного населения в сравнительно-географическом плане. Работы по оценке биоразнообразия, его инвентаризации и мониторингу состояния выходят на новый исследовательский уровень при использовании биомной основы. Региональный биом как единица подразделения биосферы имеет ряд существенных преимуществ для оценки биоразнообразия и планирования мер по его охране. Характер экосистем, их распространение и соотношение в пределах биома находятся в теснейшей зависимости от действующих параметров абиотической среды. Географические процессы во многом определяют динамику биоразнообразия. Карта биомов страны может быть хорошей основой для проведения инвентаризационных работ по учету биоразнообразия и созданию банков данных, привязанных к региональным биомам на единой научной основе. Новые свойства карт и возможности современной картографии в плане обеспечения исследований в области географии биоразнообразия, безусловно, будут способствовать интенсификации изучения его разнообразных аспектов с целью удовлетворения современных научных, образовательных и практических запросов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Пространственно-временная организация экосистем в условиях изменений окружающей среды» и на базе центра коллективного пользования «Гербарий MWG» (создан при поддержке Программы развития Московского университета, № 1220).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П. Картографическое изучение биоты. — Иркутск: Облмашинформ, 2002. — 160 с.
2. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. — М.: Книжный дом «Университет», 2016. — 424 с.
3. Огуреева Г.Н., Котова Т.В. Картографирование биоразнообразия // География и мониторинг биоразнообразия. — М.: Изд-во Науч. и учеб.-метод. центра, 2002. — С. 320–340.
4. Биоразнообразие биомов России. Равнинные биомы / Под ред. Г.Н. Огуреевой. — М.: Изд-во Ин-та глобал. климата и экологии, 2020. — 623 с.

5. Whittaker R.J., Willis K.J., Field R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity // *Journ. of Biogeography*. — 2001. — N 28. — P. 453–470.
6. Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. — Л.: Наука, 1978. — 248 с.
7. Вульф Е.В. Опыт деления земного шара на растительные области на основе количественного распределения видов. — Л.: Ленинградский, 1934. — 66 с.
8. Картографическая изученность России (топографические и тематические карты). — М.: Изд-во Ин-та географии РАН, 1999. — 320 с.
9. Barthlott W., Biedinger N., Braun G., Feig F., Kier G., Mutke J. Terminological and methodological aspects of the mapping and analysis of the global biodiversity // *Acta Botanica Fennica*. — 1999. — Vol. 162. — P. 103–110.
10. Resources and Environment: World Atlas: in 2 vol. / Ed. A.A. Lyutyi. — М.; Vienna: Hitzel, 1998. — Vol. 1. — 100 p.; Vol. 2. — 196 p. (Англ. яз. Вых. данные, содерж. парал. рус. яз.)
11. Малышев Л.И. Биологическое разнообразие в пространственной перспективе // Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению. — СПб.: Изд-во Зоол. ин-та РАН, 1992. — С. 41–52.
12. Серегин А.П. Флора Владимирской области. Конспект и атлас / Авт.-сост. А.П. Серегин, Е.А. Боровичев, К.П. Глазунова, Ю.С. Кокошников, А.Н. Сенников. — Тула: Гриф и К, 2012. — 620 с.
13. Шмидт В.М. Зависимость количественных показателей конкретных флор европейской части СССР от географической широты // *Ботан. журн.* — 1979. — Т. 64, № 2. — С. 172–183.
14. Морозова О.В. Таксономическое богатство флоры Восточной Европы: факторы пространственной дифференциации. — М.: Наука, 2008. — 328 с.
15. Bibby C.J., Collar N.J., Crosby M.J., Heath M.F., Imboden C., Johnson T.H., Long A.J., Stattersfield A.J., Thirgood S.L. Putting Biodiversity on the Map: Priority Areas for a Global Conservation. — Cambridge: Intern. Council for Bird Preservation, 1992. — 90 p.
16. Атлас биологического разнообразия лесов Европейской России и сопредельных территорий / Гл. ред. А.С. Мартынов. — М.: ПАИМС, 1996. — 144 с.
17. Состояние биоразнообразия Европейской территории России / Под общ. ред. А.Ю. Пузаченко. — М.: Стратегическое ревю, 2002. — 172 с.
18. Калихман Т.П., Богданов В.Н., Огородникова Л.Ю. Особо охраняемые природные территории Сибирского федерального округа: Атлас. — Иркутск: Оттиск, 2012. — 384 с.
19. Экологический атлас России / Гл. ред. Н.С. Касимов, В.С. Тикуннов. — М.: Феория, 2017. — 510 с.
20. Курильские острова: Атлас / Гл. ред. В.М. Котляков. — М.: Дизайн. Информация. Картография. — Владивосток: Феория, 2009 [Электронный ресурс]. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
21. Национальный атлас Арктики / Гл. ред. Н.С. Касимов. — М.: Роскартография, 2017. — 700 с.
22. Стратегия и План действий по сохранению биологического разнообразия Российской Федерации / Мин-во природ. ресурсов и экологии РФ. — М., 2014. — 286 с.
23. Лисовский А.А., Дудов С.В., Оболенская Е.В. Преимущества и ограничения методов экологического моделирования ареалов // *Журн. общ. биологии*. — 2020. — Т. 81, № 2. — С. 123–134.
24. Чурилина А.Г., Бочарников М.В. Картографирование растительных сообществ с участием реликтового вида караганы гривастой в Южном Прибайкалье // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. География*. — 2022. — № 6. — С. 149–156.
25. Попов С.Ю. Геоботаническая карта Пинежского заповедника // Геоботаническое картографирование. — 2018 [Электронный ресурс]. — [https://www.binran.ru/files/journals/GeobotMap/2018/GEO\\_MAP\\_Popov\\_2018.pdf](https://www.binran.ru/files/journals/GeobotMap/2018/GEO_MAP_Popov_2018.pdf) (дата обращения 20.02.2024).
26. Борисова И.Г. Карта растительности Норского заповедника (Амурская область) // Геоботаническое картографирование. — 2020 [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.31111/geobotmap/2020> (дата обращения 20.02.2024).
27. Холод С.С. Фитоценохоры подзоны арктических тундр: картографический метод исследования // Геоботаническое картографирование. — 2015 [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.31111/geobotmap/2015.120> (дата обращения 20.02.2024).
28. Волкова Е.А., Храпцов В.Н. Выявление ценных биотопов на предлагаемых к охране территориях Санкт-Петербурга на основе детального геоботанического картирования // Геоботаническое картографирование. — 2020 [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.31111/geobotmap/2020.39> (дата обращения 20.02.2024).
29. Огуреева Г.Н. Ботанико-географический анализ и картографирование растительности гор: Автореф. дис. ... д-ра геогр. наук. — М., 1999. — 69 с.
30. Дудов С.В. Крупномасштабное картографирование растительности Зейского государственного природного заповедника // *География и природ. ресурсы*. — 2018. — № 4. — С. 66–75.
31. Барталев С.А., Егоров В.А., Ершов Д.В., Исаев А.С., Лулян Е.А., Плотноков Д.Е., Уваров И.А. Спутниковое картографирование растительного покрова России по данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2011. — Т. 8, № 4. — С. 285–302.
32. Барталев С.А., Егоров В.А., Жарко В.О., Лулян Е.А., Плотноков Д.Е., Хвостиков С.А., Шабанов Н.В. Спутниковое картографирование растительного покрова России. — М.: Изд-во Ин-та космич. исследований РАН, 2016. — 208 с.
33. Огуреева Г.Н., Бочарников М.В., Виноградов А.А. Биоразнообразие и география горных бореальных лесов Северного Забайкалья // *Лесоведение*. — 2022. — № 6. — С. 687–702.



34. **Global** ecological zoning for the global forest resources assessment 2000 / Forestry Dep. Food and Agriculture Organization of the United Nations. — Rome, 2001. — 54 p.
35. **Карта** «Биомы России» (в серии карт природы для высшей школы). М-б: 7 500 000 / Огуреева Г.Н., Леонова Н.Б., Емельянова Л.Г., Булдакова Е.В., Кадетов Н.Г., Архипова М.В., Микляева И.М., Бочарников М.В., Дудов С.В., Игнатова Е.А., Игнатов М.С., Мучник Е.Э., Урбанавичюс Г.П., Румянцев В.Ю., Леонтьева О.А., Романов А.А., Губанов М.Н., Котова Т.В., Константинов П.И. — 2-е изд., перераб. и дополн. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2018. — 1 л.
36. **Ecosystems** of Mongolia: Atlas / Eds. Gunin P.D., Saandar M. — Ulaanbatar; Moscow: KMK Scientific Press Admon, 2019. — 264 с.
37. **Водно-болотные** угодья России / Под общ. ред. В.Г. Кривенко. — М.: Wetlands international, 1998. — Т. 1. — 255 с.; 1999. — Т. 2. — 87 с.; 2000. — Т. 3. — 490 с.

*Поступила в редакцию 06.06.2023*

*После доработки 06.02.2024*

*Принята к публикации 07.05.2024*