

**МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АРЕАЛОВ КОРЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
И СОСТАВЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ
ВИДОВ (НА ПРИМЕРЕ ЛЕСОВ ГОРНОЙ СИСТЕМЫ «СИХОТЭ-АЛИНЬ»
В ГРАНИЦАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ)**

© Б. С. Петропавловский¹, Л. А. Майорова²

¹*Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

²*Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

Рассмотрены методы составления коренной растительности и составления экологических паспортов лесобразующих видов на основе применения информационной статистики. Эти методы используются при восстановлении коренной лесной растительности, при создании лесных культур и для других задач лесного комплекса.

Ключевые слова: восстановление коренной растительности, экологические паспорта, информационный анализ, ведущие факторы среды, лесобразующие виды.

Вводная часть. В настоящее время все возрастает актуальность исследования по разработке методов и методологическому обоснованию научных основ охраны природы, в т. ч. растительного покрова, оптимизации природопользования. При этом особое значение приобретают вопросы обеспечения устойчивости природных компонентов, прогнозирование динамики растительности в связи с изменением климата и все возрастающим антропогенным прессом на природную среду.

С этими задачами увязаны вопросы организации мониторинга окружающей среды и особенно растительности, как ведущего биологического компонента. Это определяет необходимость оценки экологической устойчивости на основе выявления связи растительных сообществ разного структурного уровня с ведущими факторами среды, прогнозирование возможных изменений в связи с различными вариантами антропогенного воздействия и изменения климата. Математико-картографическое моделирование биологических объектов и методы картографирования растительности имеют большое значение для задач экологии, составления экологических паспортов лесобразующих видов и типов леса, карт восстановленной лесной растительности. Реализация

обозначенных задач может быть успешно решена на основе использования методов теории информации [17, 18, 19], используемой для обозначенных задач в методе многомерного анализа соотношения растительности с экологическими факторами [20].

Материалы и методы исследований. Для реализации поставленных задач с целью апробации метода соотношения растительности с экологическими факторами для составления экологических паспортов лесобразующих видов и восстановления ареалов коренной, первоначальной лесной растительности собирался материал, характеризующий лесную растительность на основе использования лесотаксационных описаний. Необходимая информация по структуре лесной растительности собиралась в точках регулярной сетки, представляющей систему практически квадратов, образованных пересечениями широт и меридианов координатной сетки топографических карт. Расстояние между точками в углах «квадратов» в переводе на реальную поверхность конкретного лесничества составляет 5 км. Общее число собранных описаний составляет 7030. В этих же точках регулярной сети собирались данные в соответствующих картах ведущих факторов среды, определяющие структуру и

функционирование лесных экосистем в ранге типов леса. Элементарные ячейки (квадраты) группировались в более крупные, размером 40×40 км, которые отражены на рабочих картах-схемах, в пределах которых отражены прогнозируемые состояния лесной растительности в элементарных ячейках.

Методика составления экологических паспортов лесообразующих видов и лесных сообществ.

Для составления экологических паспортов используются меры Дайса-Брея. Выборочная мера совместимости событий (коэффициент Дайса; обобщенная мера Дайса-Брея) широко используется для сравнения относительной встречаемости явления при разных градациях фактора среды:

$$K = 2p_{ij} / p_i + p_j$$

где: p_{ij} – совместная встречаемость по фактору и явлению; p_i – условная вероятность по градации фактора; p_j – условная вероятность по сочетанию явления.

Мера совместимости событий изменяется от 0 до 1. Это позволяет сравнивать между собой относительную частоту встречаемости по всем градациям фактора. Следовательно, что чем ближе значение меры к единице, тем более характерно, или типично, сочетание фактора и явления. Мера «К» позволяет сравнивать относительную встречаемость явления при разных градациях фактора среды. Эта мера позволяет определить уровень экологического соответствия растительности (УЭС).

Методика основана на выявлении уровня экологического соответствия состояния таксона (например, типа леса, доминирующей породы) и конкретной градации фактора среды (экологического градиента). Такой подход адекватен оценке экологической устойчивости растения или сообщества в связи с нахождением их вдоль градиента среды.

Наиболее устойчиво сообщество в области экологического оптимума, что проявляется, как правило, повышенной встречаемостью растения или сообщества в данных условиях. Для оценки уровня экологического соответ-

ствия (УЭС) таксонов растительности использована нормированная мера Дайса-Брея [4, 7, 9, 10, 11, 14, 15, 16].

При оценке УЭС таксона по двум и более факторам среды для каждого из них составляется соответствующая матрица. Интегральная оценка УЭС производится на основании суммирования всех нормированных мер Дайса-Брея.

Экологические паспорта конкретного таксона представляют собой упорядоченную информацию в виде компактной таблицы, в которой для всех градаций ведущих факторов среды приводятся соответствующие коэффициенты специфичных отношений в форме символов («классификационных критериев»): 1, +, 0. В тех случаях, когда коэффициент больше единицы (когда условная вероятность больше априорной), проставляется 1, если коэффициент меньше единицы (условная вероятность меньше априорной), это экологическое состояние маркируется как +. Факт отсутствия конкретного таксона (пустые ячейки – нет встреч, частот растительности) отмечается как 0.

Паспорта характеризуют экологические условия таксона (вида или сообщества) по его распределению вдоль всех градиентов факторов среды. Символы отражают толерантность и экологический оптимум вида или сообщества в границах градаций факторов среды. Методика составления экологических паспортов включает несколько этапов:

1. По каждому фактору среды составляется матрица совместных частот встречаемости градаций фактора и состояния таксона.

2. Вычисляются коэффициенты наиболее специфичных отношений для каждой заполненной ячейки матрицы.

Коэффициент наиболее специфичных отношений:

$$C = \frac{p(a_i / b_j)}{p(a_i)}$$

Числитель представляет собой условную вероятность состояния «явления» при данном состоянии фактора (определяется как отношение частоты состояния явления к сумме частот состояний «явления» для данной градации фактора), а знаменатель – априорную вероятность состояния «явления». Коэффициент С

Таблица 1

Экологический паспорт кедр корейского (сосны корейской кедровой)

Факторы среды	Градации факторов среды соответствующих кодов экологических условий														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Сумма активн. темпер.	+	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
ГТК	+	1	1	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Осадки годовые	0	1	1	1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Температура в январе	0	+	+	+	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-
Температура в июле	+	+	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Высота местности	1	1	1	1	1	+	+	+	+	+	+	0	0	0	-
Экспозиция склона	+	+	+	+	+	1	1	1	1	+	+	+	1	-	-
Крутизна склона	+	1	1	1	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

изменяется от нуля и теоретически до бесконечности. Характерным принимается то состояние, для которого условная вероятность больше априорной, т. е. при значениях $C \geq 1$.

Восстановление (моделирование) исходной растительности. Методика основана на использовании коэффициентов наиболее специфичных отношений или классификационных критериев [1, 2, 5, 6, 8]. Несмотря на некоторые непринципиальные различия в аппроксимации (восстановлении, прогнозировании, моделировании) растительности, у разных авторов методика по существу однотипна.

Методика включает несколько этапов:

1. По каждому экологически значимому (ведущему) фактору среды и анализируемому таксону составляется матрица совместных частот;

2. Производится расчет коэффициентов наиболее специфичных соотношений;

3. Определяются суммы (по каждой градации факторов среды и данного таксона) индексов, выражающих характерные, типичные соотношения между факторами среды по всем градациям и данным таксоном, маркируемых, как 1 (в том случае, когда условная вероятность больше априорной);

4. По максимальной сумме по всем градациям всех факторов определяется наиболее вероятный таксон для данных экологических условий.

На соответствующей картосхеме такой наиболее вероятный таксон (вид или сообщество) маркируется как точка путем «заливки» конкретной ячейки регулярной сетки или с помощью прочих обозначений. Это используется при математико-картографическом моделиро-

вании, в частности при восстановлении исходной (былой) растительности.

Результаты и их обсуждение. Эффективность применения метода соотношения растительности с факторами среды демонстрируется на некоторых примерах составления экологического паспорта кедр корейского (таблица 1) и восстановления исходного (до антропогенного воздействия) ареала кедр корейского в границах Приморского края (рис. 1), что заметно больше современного (рис. 2).

Коды факторов среды

Сумма активных температур (свыше 10 гр.): 1 – < 1600; 2-1600-1800; 3-1800-2000; 4-2000-2400; 5-2400-2600; 7 > 2600.

Гидротермический коэффициент: 1 – > 2,2; 2-2,0-2,2; 3-1,8-2,0; 4-1,6-1,8; 5 – < 1,6.

Осадки годовые: 1- < 500; 2-500–600; 3-600–700; 4-700–800; 5-800–900; 6 – > 900.

Температура воздуха в январе (–) °C: 1 – < 28; 2-28–26; 3-26–24; 4-24–22; 5-22–20; 6-20–18; 7-18–16; 8-16–14; 9-14–12; 10 – > 12.

Температура воздуха в июле (+) °C: 1 – < 14; 2-14–16; 3-16–18; 4-18–20; 5 – > 20.

Высота над уровнем моря, м: 1 – < 100; 2-100–200; 3-200–300; 4-300–400; 5-400–500; 6-500–600; 7-600–700; 8-700–800; 9-800–900; 10-900–1000; 11-1000–1200; 12-1200–1400; 13-1400–1600; 14 – > 1600.

Местоположение и экспозиция склона: 1 – выровненные участки; 2 – пойма; 3 – С; 4 – СВ; 5 – В; 6 – ЮВ; 7 – Ю; 8 – ЮЗ; 9 – З; 10-СЗ; 11 – водораздел; 12 – плато; 13 – разные склоны. **рутизна склона, град:** 1 – < 6; 2-6–10; 3-11–15; 4-16–20; 5-21–25; 6 – > 25.

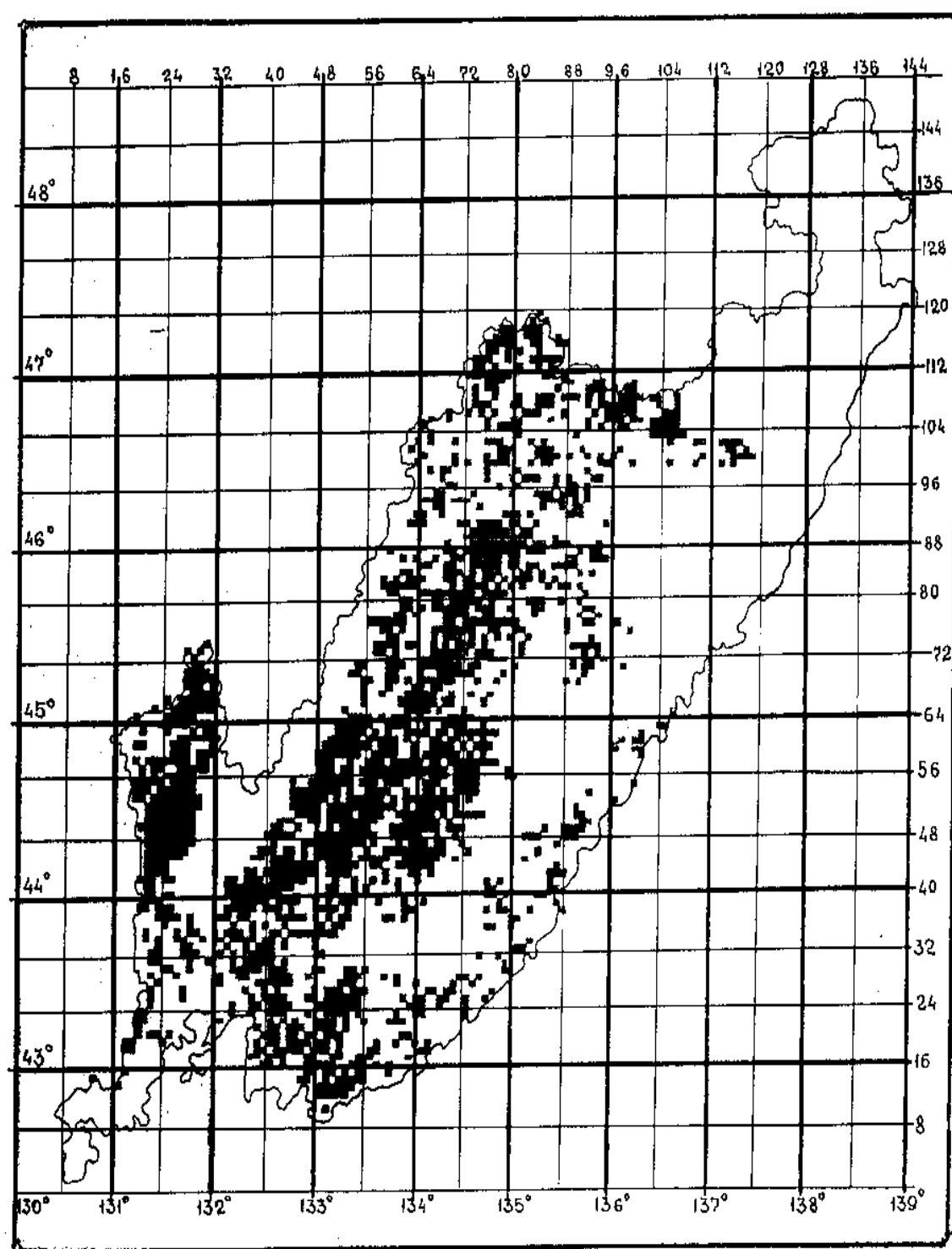


Рис. 1. Восстановленное распространение кедра корейского *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. в границах Приморского края

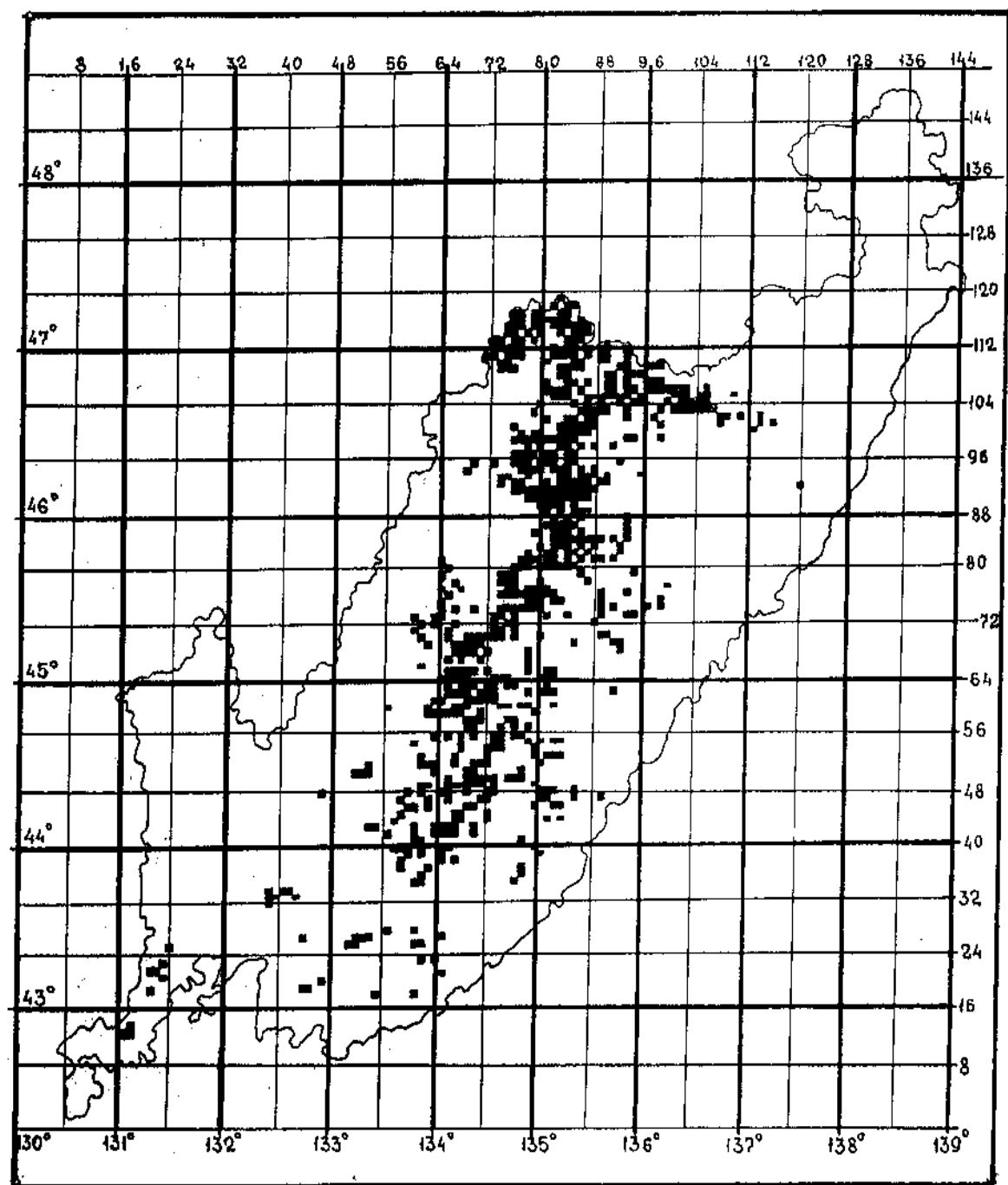


Рис. 2. Современное распространение кедра корейского *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. в границах Приморского края

Выводы и рекомендации. Результаты исследований, фрагментарно отраженные приведенными таблицей и рисунками, отражают большие возможности применения метода многомерного анализа соотношения растительности с экологическими факторами в решении важнейших задач экологии лесообразующих видов и восстановления исходной растительности.

Спектр прикладных аспектов применения данного метода исключительно широкий:

при выявлении оптимальных мест создания лесных культур, реконструкции малоценных, вторичных лесных экосистем, при оценке природной устойчивости лесов, при прогнозировании возможных изменений в структуре и распространении лесов в связи с изменениями ведущих факторов среды, для организации мониторинга лесной растительности. Данный метод, безусловно, может быть использован и в других горных регионах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев А. Н. Методика крупномасштабного прогнозного картографирования растительности горных территорий (на примере лесной растительности Среднего Сихотэ-Алиня) // Геоботаническое картографирование, 1979. С. 8-21.
2. Киселев А. Н. Прогнозное биогеографическое картографирование: региональный аспект. М.: Наука, 1985. 104 с.
3. Кислов Д. Е., Петропавловский Б. С., Брижатая А. А. Прогнозирование структуры растительного покрова по факторам среды на основе описаний лесоустройства // Бюлл. БСИ ДВО РАН. 2012. Вып. 9. С. 50-54.
4. Петропавловский Б. С. К вопросу об изучении эколого-ценотических особенностей основных лесообразующих пород Среднего Сихотэ-Алиня // Антропогенная и естественная динамика лесов юга Дальнего Востока. Владивосток: ДВО РАН, 1989. С. 55-64.
5. Петропавловский Б. С. Картографическое моделирование исходной растительности на примере Приморского края // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Мат. XII Делегат. Съезда РБО. СПб.-Петрозаводск: БИН РАН, 2008. Часть 5. С. 256-260.
6. Петропавловский Б. С. Математико-картографическое моделирование оптимальных мест произрастания лесообразующих пород (на примере Приморского края) // Сибирский экологический журнал. №6. 2011б. С. 767-772.
7. Петропавловский Б. С. Методика составления экологических паспортов лесообразующих пород и лесных сообществ // Экология таежных лесов. Тезисы докладов Международной конференции. Сыктывкар, 1998. С. 51-52.
8. Петропавловский Б. С. Опыт математико-картографического моделирования структуры и продуктивности растительности для задач мониторинга окружающей среды // Картография XXI века: теория, методы, практика: Вторая Всерос. науч. конф. по картографии. Москва, 2001. С. 105-110.
9. Петропавловский Б. С. Экологическая обусловленность распространения типов леса Приморского края // Лесоведение. №3. 2012а. С. 33-42.
10. Петропавловский Б. С. Экологические особенности лесообразующих пород Приморского края // Комаровские чтения. Вып. 41. Владивосток: Дальнаука, 1993. С. 16-28.
11. Петропавловский Б. С. Экологические паспорта основных лесообразователей Приморского края // Леса Российского Дальнего Востока: Мониторинг динамики лесов Российского Дальнего Востока: Материалы V Всероссийской конференции (18-20 сентября 2012 г.). Владивосток: ЛАИНС, 2012. С. 158-161.
12. Петропавловский Б. С. Экологические паспорта преобладающих типов леса Приморского края // Леса российского Дальнего Востока: Мониторинг динамики лесов Российского Дальнего Востока. Материалы V Всероссийской конференции (18-20 сентября 2012 г.). Владивосток: ЛАИНС, 2012. С. 154-157.
13. Петропавловский Б. С. Экологические паспорта растений и возможности их использования для задач интродукции растений // Междун. конф. «Интродукция растений: теоре-

- тические, методические и прикладные проблемы» (10-12 августа 2009 г.). Йошкар-Ола, 2009. С. 35-39.
14. Петропавловский Б. С., Майорова Л. А., Усольцева Л. А. Об экологии кедрово-широколиственных лесов // Кедрово-широколиственные леса Дальнего Востока (биоценотический аспект). Владивосток. 1987. С. 9-23
 15. Петропавловский Б. С., Онищенко В. В. Методика разработки многофакторной экологической классификации типов леса (на примере лесной растительности Тебердинского заповедника): Препр. Владивосток, 1980. 60 с.
 16. Петропавловский Б. С. Леса Приморского края: (Эколого-географический анализ). Владивосток: Дальнаука, 2004. 317 с.
 17. Пузаченко Ю. Г., Мошкин А. В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях // Итоги науки. Медицинская география. М.: ВИНТИ. 1969. Вып. 3. С. 5-74.
 18. Пузаченко Ю. Г., Скулкин В. С. Структура растительности лесной зоны СССР. Системный анализ. М.: Наука, 1981. 275 с.
 19. Пузаченко Ю. Г., Петропавловский Б. С., Скулкин В. С. Статистические модели геосистем и их компонентов // Моделирование элементарных геосистем. Иркутск, 1975. С. 104-116.
 20. Семкин Б. И., Петропавловский Б. С., Кошкарёв А. В., Варченко Л. П., Усольцева Л. А. О методе многомерного анализа соотношения растительности с экологическими факторами // Ботан. журн. 1986. Том 71. №9. С. 1167-1181.

METHODS OF RESTORATION OF NATIVE VEGETATION AREAS AND COMPILATION OF ECOLOGICAL PASSPORTS OF FOREST-FORMING SPECIES AND FOREST TYPES (ON THE EXAMPLE OF THE FORESTS OF THE MOUNTAIN SYSTEM “SIKHOTE-ALIN” (WITHIN PRIMORSKY KRAI)

© B. S. Petropavlovskiy¹, L. A. Mayorova²

*¹Institution of Science Botanical Garden-Institute of the Far-Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

*²Pacific Institute of Geography of the Far Eastern Branch
of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

Methods of compiling native vegetation and compiling ecological passports of forest-forming species based on the application of information statistics are considered. These methods are used in the restoration of native forest vegetation, in the creation of forest crops and for other tasks of the forest complex.

Key words: restoration of native vegetation, ecological passports, information analysis. leading factors of the environment, forest species

REFERENCES

1. Kiselev, A. N. (1979) 'Metodika krupnomasshtabnogo prognoznogo kartografirovaniya rastitel'nosti gornyh territorij (na primere lesnoj rastitel'nosti Srednego Sikhote-Alinya) ' [The technique of large-scale forecasting mapping of vegetation in mountain areas (exemplified by the forest vegetation of the Middle Sikhote-Alin)]. Geobotanicheskoe kartografirovanie, pp. 8-21.

2. Kiselev, A. N. (1985) Prognoznoe biogeograficheskoe kartografirovanie: regional'nyj aspekt [Forecast biogeographic mapping: a regional dimension]. Moscow, Nauka, 104 p.
3. Kislov, D. E., Petropavlovskij, B. S. and Brizhataya, A. A. (2012) 'Prognozirovanie struktury rastitel'nogo pokrova po faktoram sredy na osnove opisaniy lesoustrojstva' [Forecasting the structure of vegetation cover by environmental factors on the basis of forest inventory descriptions]. Byull. BSI DVO RAN, Vyp. 9. pp. 50-54.
4. Petropavlovskij, B. S. (1989) 'K voprosu ob izuchenii ehkologo-cenoticheskikh osobennostej osnovnykh lesoobrazuyushchih porod Srednego Sihoteh-Alinya' [Anthropogenic and natural dynamics of forests in the south of the Far East], Antropogennaya i estestvennaya dinamika lesov yuga Dal'nego Vostoka [Anthropogenic and natural dynamics of forests in the south of the Far East]. Vladivostok: DVO RAN, pp. 55-64.
5. Petropavlovskij, B. S. (2008) 'Kartograficheskoe modelirovanie iskhodnoj rastitel'nosti na primere Primorskogo kraja' [Cartographic modeling of initial vegetation on the example of Primorsky Krai], Fundamental'nye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka. Mat. XII Delegat. S'ezda RBO [Fundamental and applied problems of botany in the beginning of the XXI century. Mat. XII The delegate. RBO Congresses]. SPb-Petrozavodsk: BIN RAN, CHast' 5. pp. 256-260.
6. Petropavlovskij, B. S. (2011) 'Matematiko-kartograficheskoe modelirovanie optimal'nykh mest proizrastaniya lesoobrazuyushchih porod (na primere Primorskogo kraja)' [Mathematico-cartographic modeling of optimal growth sites for forest-forming species (for example, Primorsky Krai)]. Sibirskij ehkologicheskij zhurnal, №6. pp. 767-772.
7. Petropavlovskij, B. S. (1998) 'Metodika sostavleniya ehkologicheskikh pasportov lesoobrazuyushchih porod i lesnykh soobshchestv' [The methodology for the compilation of ecological passports of forest-forming species and forest communities], Ehkologiya taezhnykh lesov. Tezisy dokladov mezhdunarodnoj konferencii ["Ecology of taiga forests". Abstracts of the International Conference]. Syktyvkar, pp. 51-52.
8. Petropavlovskij, B. S. (2001) 'Opyt matematiko – kartograficheskogo modelirovaniya struktury i produktivnosti rastitel'nosti dlya zadach monitoringa okruzhayushchej sredy' [Experience in mathematical and cartographic modeling of vegetation structure and productivity for environmental monitoring tasks], Kartografiya XXI veka: teoriya, metody, praktika: Vtoraya Vseros. nauch. konf. po kartografii [Cartography of the XXI century: theory, methods, practice: The Second All-Russian. sci. Conf. on cartography]. Moskva, pp. 105-110.
9. Petropavlovskij, B. S. (2012) 'Ehkologicheskaya obuslovlennost' rasprostraneniya tipov lesa Primorskogo kraja' [Ecological conditionality of forest types distribution in Primorsky Krai]. Lesovedenie, №3. pp. 33-42.
10. Petropavlovskij, B. S. (1993) 'Ehkologicheskie osobennosti lesoobrazuyushchih porod Primorskogo kraja' [Ecological features of forest-forming rocks of the Primorye Territory], Komarovskie chteniya [Komarov's readings]. Vyp. 41. Vladivostok: Dal'nauka, pp. 16-28.
11. Petropavlovskij, B. S. (2012) 'Ehkologicheskie pasporta osnovnykh lesoobrazovatelej Primorskogo kraja' [Ecological passports of the main forest-growers of the Primorye Territory], Lesa rossijskogo Dal'nego Vostoka: Monitoring dinamiki lesov Rossijskogo Dal'nego Vostoka: Materialy V Vserossijskoj konferencii ["Forests of the Russian Far East: Monitoring the Dynamics of Forests of the Russian Far East" Proceedings of the V All-Russian Conference]. (18-20 sentyabrya 2012 g.) Vladivostok: LAINS, pp. 158-161.
12. Petropavlovskij, B. S. (2012) 'Ehkologicheskie pasporta preobladayushchih tipov lesa Primorskogo kraja' [Ecological passports of the predominant forest types of Primorsky Krai], Lesa rossijskogo Dal'nego Vostoka: Monitoring dinamiki lesov Rossijskogo Dal'nego Vostoka. Materialy V Vserossijskoj konferencii [Forests of the Russian Far East: Monitoring of forest dynamics in the Russian Far East. Materials of the V All-Russian Conference]. (18-20 sentyabrya 2012 g.) Vladivostok: LAINS, pp. 154-157.
13. Petropavlovskij, B. S. (2009) 'Ehkologicheskie pasporta rastenij i vozmozhnosti ih ispol'zovaniya dlya zadach introdukcii rastenij' [Ecological passports of plants and possibilities of their use for plant introduction problems], Mezhdun. konf. «Introdukciya rastenij: teoreticheskie, metodicheskie i prikladnye problemy» [Intern. Conf. "Plant introduction: theoretical, methodological and applied problems"]. (10-12 avgusta 2009 g.). Joshkar-Ola, pp. 35-39.

14. Petropavlovskij, B. S., Majorova, L. A. and Usol'ceva, L.A. Ob ehkologii kedrovo-shirokolistvennyh lesov [Usoltseva L.A. On ecology of cedar-broad-leaved forests] Kedrovo-shirokolistvennye lesa Dal'nego Vostoka (biotsenoticheskiy aspekt). Vladivostok. 1987. S. 9-23.
15. Petropavlovskij, B. S. and Onishchenko V.V. (1980) Metodika razrabotki mnogofaktornoj ehkologicheskoy klassifikatsii tipov lesa (na primere lesnoj rastitel'nosti Teberdinskogo zapovednika) [The methodology for the development of a multifactorial ecological classification of forest types (on the example of the forest vegetation of the Teberda Reserve)]. Prepr. Vladivostok, 60 p.
16. Petropavlovskij, B. S. (2004) Lesa Primorskogo kraja: (EHkologo-geograficheskij analiz) [Forests of Primorye Territory: (Ecological-geographical analysis)]. Vladivostok, Dal'nauka, 317 p.
17. Puzachenko, Yu. G. and Moshkin, A. V. (1969) Informacionno-logicheskij analiz v mediko-geograficheskikh issledovaniyah' [Information-logical analysis in medical-geographical studies]. Itogi nauki. Medicinskaya geografiya. Moscow VINITI. Vyp. 3. pp. 5-74.
18. Puzachenko, Yu. G. and Skulkin, V. S. (1981) Struktura rastitel'nosti lesnoj zony SSSR [Structure of vegetation in the forest zone of the USSR]. Sistemnyj analiz. Moscow, Nauka, 275 p.
19. Puzachenko, Yu. G., Petropavlovskij, B. S. and Skulkin, V. S. (1975) Statisticheskie modeli geosistem i ih komponentov [Statistical models of geosystems and their components]. Modelirovanie ehlementarnyh geosistem. Irkutsk, pp. 104-116.
20. Semkin, B. I., Petropavlovskij, B. S., Koshkarev, A. V., Varchenko, L. P. and Usol'ceva, L. A. (1986) 'O metode mnogomernogo analiza sootnosheniya rastitel'nosti s ehkologicheskimi faktorami' [On the method of multivariate analysis of the ratio of vegetation to environmental factors]. Botan. zhurn., Tom 71. №9. pp. 1167-1181.