

УДК 581.5 + 581.9 (571.63)

**ЭКОЛОГО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ РАЗНЫХ СТРУКТУРНЫХ
УРОВНЕЙ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЕМ ВЕДУЩИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ
(НА ПРИМЕРЕ ЗЕМЛИ И СРЕДНЕГО СИХОТЭ-АЛИНЯ-ПРИМОРСКИЙ КРАЙ)**

© Петропавловский Б.С.

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

Рассмотрены методические вопросы выделения эколого-фитоценологических комплексов, представляющих собой однородные участки растительного покрова по сочетанию условий произрастания по тепло-влажностности и комплекса растительных сообществ конкретного уровня растительного покрова от планетарного до фитоценологического уровня. Эти комплексы являются таксонами корреляционных геоботанических карт разных масштабов. Эти карты экологического содержания могут быть использованы для широкого класса прикладных задач – оптимизации охраны и восстановления растительности.

***Ключевые слова:** эколого-фитоценологические комплексы, ведущие факторы среды, растительность, корреляционные геоботанические карты.*

Вводная часть. Растительность является интегральным показателем состояния наземной части биосферы. По размеру и характеру изменений можно судить о происходящих изменениях в экосистемах разного уровня [20]. Следует особенно упомянуть во многом работу Д.Л. Арманда [1], посвященную анализу связей растительности и климата. Им был применен сопряженный картографический анализ. Показана техника составления корреляционных таблиц и вариограмм, или диаграмм, отражающих связь растительности с климатическими факторами. На примере растительных группировок Восточно-Европейской равнины получена гидротермическая кривая зональности, которая передает ту последовательность, сменяющих друг друга гидротермических условий, на которую нанизаны как бы все зональные типы растительности. Д.Л. Армандом был широко использован математический аппарат, в основном вариационная статистика, с применением коэффициентов корреляции, средней ошибкой достоверности и коэффициентом регрессии.

Следующий этап исследований связи структуры растительности разного таксономического уровня с факторами среды, и в первую очередь с климатическими, характеризуется применением информационной статистики [16, 17].

Особое значение приобретает оценка взаимозависимости среды и растительности., что позволяет выходить на широкий спектр решения актуальных задач, связанных с изменением климата на растительный покров и разработки методов прогнозирования с математико-картографическим оформлением состояния и динамики растительности разного структурно-функционального уровня.

Материалы и методы. Основным источником исходной информации послужили карты из Физико-географического атласа мира [20]. При этом применен сопряженный картографический анализ, эффективность применения которого для выявления количественных связей показана достаточно основательно [2]. Карта растительности мира этого атласа в масштабе 1:60 000 000, составленная В.Б. Сочавой, была выбрана в качестве основной.

Использовались карты факторов среды из этого же атласа. Были созданы бланковые картосхемы с изображением контуров материков и элементарных ячеек квадратной формы – основы сбора информации в едином масштабе для растительного покрова (структура и продуктивность растительности) и факторов среды в масштабе 1:60 000 000. Материал собирался с помощью регулярной сетки. Размеры сторон

квадратных элементарных ячеек на картосхемах составили 4 мм, что соответствует в натуре 240 км. Обоснованность такого шага съема информации, или в терминах геоботаники, – площади выявления основывается на разработанной биогеографической сетки для задач мониторинга растительного покрова всех иерархических уровней растительности с учетом масштабов картирования растительности [9].

Информация снималась в углах левых верхних точек квадратов. Все остальные точки этого квадрата. Образовывали левые верхние углы сопредельных элементарных ячеек биогеографической сетки. Общий объем выборки составил 2497 сопряженных «описаний» - сопряженной информации растительности и факторов среды. За основную типологическую структуру растительности взяты типы растительности, которые по В.Б. Сочаве [18] представляют собой сочетание фратрий формаций с характерным набором биоморф. Это самые крупные таксономические подразделения растительности, соответствующие в большинстве случаев определенным биомам.

Методика составления карт эколого-растительных комплексов.

Методика состоит из нескольких этапов: 1) выявляются наиболее значимые экологические факторы среды, на примере планетарного уровня растительности приведены, 2) составляется прямая ординация растительности по двум ведущим факторам среды с оценкой экологического соответствия; 3) на карту в заданном масштабе переносятся контуры эколого-растительных комплексов, отраженных на ординациях растительности с мерой экологического соответствия, в известной мере, адекватные экологической устойчивости растительных сообществ. При таком подходе составленные карты эколого-фитоценологических, или эколого-растительных, комплексов больше соответствуют понятию корреляционных геоботанических карт.

Были созданы бланковые картосхемы с изображением контуров материков и элементарных ячеек квадратной формы – основы сбора информации в едином масштабе для растительного покрова (структура и продуктивность растительности) и факторов среды в масштабе 1:60 000 000. Материал собирался с помощью регулярной сетки. Размеры сторон квадратных элементарных ячеек на картосхемах составили 4 мм, что соответствует в натуре 240 км. Для регионального уровня растительного мира, в границах Приморского края, проводился съём информации в углах квадратов, образованной сеткой изолиниями широт и меридианов, со стороной 5 км в переводе на реальную поверхность земли. Такой съём информации вполне достаточный для отображения структуры растительного покрова как на планетарном уровне, так и региональном. Общий объем выборки га планетарном уровне растительного покрова составил 2497 сопряженных «описаний» - сопряженной информации растительности и факторов среды. Подробное описание методики сбора информации отражены в ряде статей [8, 10, 13, 14].

Результаты и их обсуждение. Распределение зональных типов растительности обусловлено определенными сочетаниями тепла и влаги. Наиболее удобной формой отражения зависимости распределения растительности от ведущих факторов среды является прямая ординация. На этой схеме выделяются гомогенные участки факторов среды и растительности, показаны оптимумы и пессимальные условия типов растительности, что отражается коэффициентами Дайса.

В таком виде ординация представляет собой картографическую модель системы «факторы среды – растительность», что позволяет использовать ее для оценки возможных изменений структуры растительности при изменении этих ведущих факторов среды.

Используемые ведущие факторы среды – теплообеспеченность (радиационный баланс годовой) и влагообеспеченность (радиационный индекс сухости) во многом определяют не только структуру, но и продуктивность растительности, что позволило разработать математическую модель продуктивности растительности мира и оценить с помощью ее уровень антропогенной деформации растительности планеты (Петропавловский, 1986).

Из 36 теоретически возможных сочетаний климатических экотопов в природе

существует 19 – относительно однородных по климатическим показателям участков суши с набором характерной (типичной) растительности в гомеостатическом состоянии.

Эти гомогенные участки характеризуются вполне конкретной величиной «притертости», уровне экологического соответствия растительности, который, на наш взгляд, можно использовать как показатель экологической устойчивости растительности.

Планетарный уровень растительности. Основой легенды корреляционных геоботанических карт являются ординационные схемы растительности по двум ведущим факторам среды, определяющих особенно на планетарном и региональном уровне тепло- и влагообеспеченность территории, а соответственно специфику типов условий произрастания. Распределение зональных типов растительности обусловлено определенными сочетаниями тепла и влаги.

Наиболее удобной формой отражения зависимости распределения растительности от ведущих факторов среды является прямая ординация растительности (таблица 1).

Таблица 1

Влияние тепло-влагообеспеченности на структуру растительности мира
(Ординация растительности мира в табличной форме)

Влагообеспеченность (радиационный индекс сухости)	Теплообеспеченность (радиационный баланс, ккал на 1 см ² в год)					
	Очень холодные, до 10	Холодные, 10-20	Умеренно теплые, 20-40	Умеренно теплые, 20-40	Очень теплые, 60-80	Жаркие, свыше 80
Крайне недостаточное увлажнение, РИС свыше 3				XIII 6-38, 14-18	XVIII 12-58, 6- 32 11-20	
Недостаточное увлажнение, РИС от 2 до 3			VIII 5-16, 6-6	XII 13-12, 14-9 6-6	XVII 10-20, 11- 13 13-13	XXI 10-8
Умеренное недостаточное увлажнение, РИС от 1 до 2			VII 5-45, 2-3	XI 3-27, 15-19 5-17	XVI 11-42, 10- 35 4-11	XX 9-24, 8-12 10-12
Умеренное увлажнение, РИС от 0,7 до 1,0			VI 5-23, 2-23 3-21	X 3-52, 4-7	XV 4-58, 8-23 9-12	XIX 8-27, 9-4 10-4
Влажные, РИС от 0,3 до 0,7		III 7-24, 2-16 1-16	V 2-75 1-10	IX 7-8 3-4	XIV 9-5 8-4	
Избыточное увлажнение, РИС до 0,3	I 1-24	II 1-63, 7-30 2-8	IV 7-11, 2-9 1-5			

Примечание. РИС – радиационный индекс сухости. Римскими цифрами обозначены номера эколого-фитоценологических комплексов, арабскими - коды растительности (первая цифра), меры Дайса, умноженные для удобства на 1000 (вторая, после тире).

Наиболее характерные типы растительности: 1– тундры; 2 – бореальная; 3 –

неморальная; 4 – кустарниково-древесная субтропическая; 5 – степная; 6 – внетропических пустынь северного полушария; 7 – высокогорная тундрового и бореальных типов; 8 – влажный вечнозеленый тропический лес; 9 – листопадный и вечнозеленый переменнo-влажный тропический лес; 10 – тропические сухие леса, склерофильные леса; 11 – тропических саванн; 12 – тропических пустынь; 13 – ксерофильная древесно-кустарниковая подтропическая; 14 – внетропических пустынь южного полушария; 15 – широколиственные и хвойно-широколиственные субантарктические леса.

Выделено 21 возможных типов условий произрастания, или типов эколого-фитоценоотических комплексов (ЭФК), как сочетание типов экологических условий и типов растительности мира. Естественно, конкретный тип растительности может занимать несколько типов условий произрастания, т.е. входить в состав нескольких смежных на ординационной схеме ЭФК.

Таким образом, каждый из ЭФК включает три составляющие: тип экологических условий, или место обитание (МО), как сочетание градаций факторов ведущей среды – радиационный баланс (РБ) и радиационный индекс сухости (РИС), типы растительности, иногда в ранге биомов, (Р) и меру экологического соответствия (ЭС).

На планетарном уровне использовались радиационный баланс годовой и радиационный индекс сухости. Ординация растительности мира в принципе во многом сходна с таблицей географической зональности, на которой на качественном уровне прослеживается тесная связь географических зон, биомов с радиационным балансом земной поверхности и радиационным индексом сухости. Это позволило вывести периодический закон географической изменчивости [5].

Естественно, конкретный тип растительности может занимать несколько типов условий произрастания, т.е. входить в состав нескольких смежных на ординационной схеме ЭРК. Каждый из ЭРК включает три составляющие: 1) тип экологических условий, адекватный специфическому типу места произрастания (МП), как сочетание градаций факторов ведущей среды – радиационного баланса (РБ) и радиационного индекса сухости (РИС), 2) типы растительности, фактически в ранге биомов, (Р) и 3) меру экологического соответствия (ЭС). В таблице 1, отражающей ординацию растительности Земли, отражены оптимальные условия произрастания при разных сочетаниях градаций ведущих факторов среды и толерантность. Распределение эколого-растительных комплексов мира показано на рис. 1.

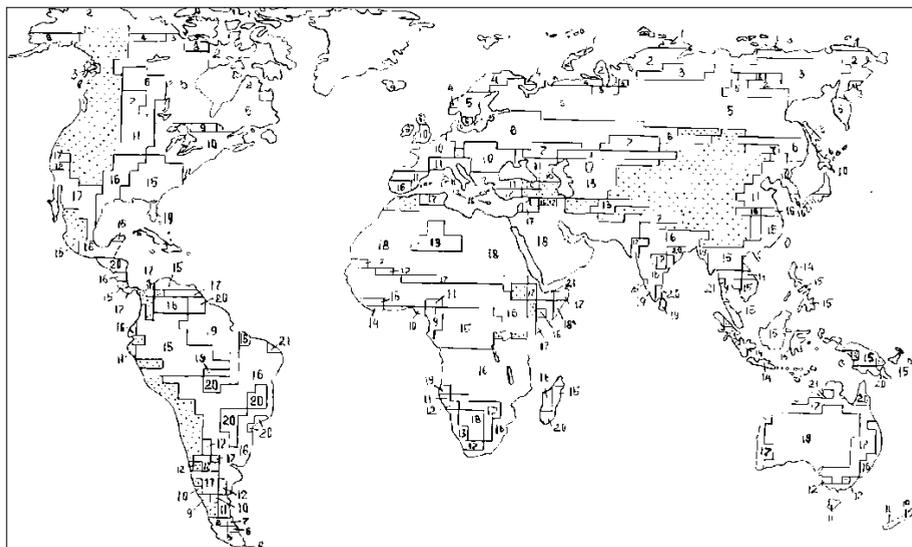


Рис. 1. Эколого-фитоценоотические комплексы мира

Эколого-фитоценоотические комплексы мира

1. Очень холодные и избыточное увлажнение. РБ - до 10 ккал на 1 см² в год, РИС - до 0,3. Р.: - тундра. ЭС - 24.

2. Холодные и избыточное увлажнение. РБ - 10 - 20, РИС - до 0,3. Р.: тундры, ЭС - 63; высокогорная тундрового и бореального типов, ЭС - 30, бореальная, ЭС - 8.

3. Холодные и влажные. РБ - 10 - 20, РИС - 0,3 - 0,7. Р.: высокогорная тундрового и бореального типов, ЭС - 63; бореальная, ЭС - 16; тундра, ЭС - 16.

4. Умеренно теплые и избыточное увлажнение, РБ - 20 - 40, РИС - до 0,3. Р.: высокогорная тундрового и бореального типов, ЭС - 11; бореальная, ЭС - 9; тундра, ЭС - 5.

5. Умеренно теплые и влажные, РБ - 20 - 40, РИС - 0,3 - 0,7. Р.: бореальная, ЭС - 75 и тундры, ЭС - 10,

6. Умеренно теплые и умеренное увлажнение, РБ - 20 - 40, РИС - 0,7 - 1,0. Р.: степная, ЭС - 23; бореальная, ЭС - 23; неморальная, ЭС - 21.

7. Умеренно теплые и умеренно недостаточное увлажнение, РБ - 20 - 40, РИС - 1 - 2. Р.: степная, ЭС - 45; бореальная - 3.

8. Умеренно теплые и недостаточное увлажнение, РБ - 20 - 40, РИС - 2 - 3. Р.: степная, ЭС - 16; внетропических пустынь северного полушария, ЭС - 6.

9. Теплые и влажные, РБ - 40 - 60, РИС - 0,3 - 0,7. Р.: высокогорная тундрового и бореального типов, ЭС - 8; неморальная, ЭС - 4.

10. Теплые и умеренное увлажнение, РБ - 40 - 60, РИС - 0,7 - 1,0. Р.: неморальная, ЭС - 62; кустарниково-древесная, ЭС - 7.

11. Теплые и умеренно недостаточное увлажнение, РБ - 40 - 60, РИС - 1 - 2. Растительность: неморальная, ЭС - 27; широколиственные и хвойно-широколиственные субантарктические леса, ЭС - 19; степи, ЭС - 17.

12. Теплые и недостаточное увлажнение, РБ - 40 - 60, РИС - 2 - 3. Р.: ксерофильная древесно-кустарниковая подтропическая, ЭС - 12; внетропические пустыни южного полушария, ЭС - 9; внетропические пустыни северного полушария, ЭС - 6.

13. Теплые и крайне недостаточное увлажнение, РБ - 40 - 60, РИС свыше 3. Р.: внетропические пустыни северного полушария, ЭС - 38; внетропические пустыни южного полушария, ЭС - 18.

14. Очень теплые и влажные, РБ - 60 - 80, РИС - 0,3 - 0,7. Р.: листопадные и вечнозеленые временно-влажные тропические леса, ЭС - 5, влажные вечнозеленые тропические леса, ЭС - 4.

15. Очень теплые и умеренное увлажнение, РБ - 60 - 80, РИС - 0,7 - 1,0. Р.: кустарниково-древесная, ЭС - 58; влажные вечнозеленые тропические леса, ЭС - 23; листопадные и вечнозеленые переменнo-влажные тропические леса, ЭС - 12.

16. Очень теплые и умеренно недостаточное увлажнение, РБ - 60 - 80, РИС - 1 - 2. Р.: тропические саванны, ЭС - 42; тропические сухие леса, ЭС - 35; кустарниково-древесная субтропическая, ЭС - 11.

17. Очень теплые и недостаточное увлажнение, РБ - 60 - 80, РИС - 2 - 3. Р.: тропические сухие леса, ЭС - 20; тропические саванны, ЭС - 13; ксерофильная древесно-кустарниковая подтропическая, ЭС - 13.

18. Очень теплые и крайне недостаточное увлажнение, РБ - 60 - 80, РИС - свыше 3. Р.: тропические пустыни, ЭС - 58; внетропические пустыни северного полушария, ЭС - 32; тропические саванны, ЭС - 20.

19. Жаркие и умеренное увлажнение. РБ - свыше 80, РИС - 0,7 - 1,0. Р.: влажный вечнозеленый тропический лес, ЭС - 27; листопадный и вечнозеленый переменнo-влажный тропический лес, ЭС - 4; тропические сухие леса, ЭС 4.

20. Жаркие и умеренно недостаточное увлажнение. РБ - свыше 80, РИС - 1,0 - 2,0. Р.: листопадный и вечнозеленый переменнo-влажный тропический лес, ЭС - 24; влажный вечнозеленый тропический лес, ЭС - 12; тропические сухие леса, ЭС - 12.

Ландшафтный уровень растительного покрова: Приморский край. Этот уровень

характеризуется во многом ординацией растительности также сопряженной с ведущими факторами среды – тепло-влажнообеспеченности (таблица 2).

Таблица 2

Ординация растительности на уровне формаций Приморского края

Градации влажнообеспеченности (по значениям ГТК)		Градации теплообеспеченности (по сумме температур с выше 10 гр.)			
		(до 1600)	(1600-2000)	(2000-2400)	(св. 2400)
Недостаточно влажные	До 2,0	-	IV 1 (5), 4 (2)	VII 4 (27), 8 (10), 7 (2), 1 (9), 5 (6), 6 (5), 2 (1), 3 (1)	X 8 (65), 4 (30), 5 (21), 7 (7), 6 (1)
Умеренно-влажные	2,0-2,2	-	III 2 (46), 1 (29), 4 (11), 6 (9), 5 (8), 3 (7)	VI 1 (28), 4 (16), 5 (9), 2 (8) , 3 (6), 6 (5), 7 (4), 8 (1)	IX 4 (10), 3 (5), 7 (2), 6 (2), 8 (2), 1 (1), 5 (1)
Влажные	Свыше 2,2	I 2 (60), 3 (27), 6 (21), 1 (17), 4 (9), 5 (2)	II 1 (10), 4 (9)	V 4 (28), 6 (21), 1 (13), 5 (8), 3 (3), 8 (3), 2 (2)	VIII 5 (26), 7 (11), 8 (8), 6 (4), 4 (3), 1 (1), 3 (1)

Типы местообитаний

1 – влажные и умеренно-холодные, 2 – влажные и теплые, 3 – умеренно-влажные и теплые, 4 – недостаточно-влажные и теплые, 5 – влажные и очень теплые, 6 – умеренно влажные и очень теплые, 7 – недостаточно-влажные и очень теплые, 8 – влажные и избыточно теплые, 9 – умеренно-влажные и избыточно теплые, 10 – недостаточно влажные и избыточно теплые.

Лесные формации

1 – кедровые леса, 2 – пихтово-еловые леса, 3 – лиственничные леса, 4 – дубовые и полидоминантные широколиственные леса, 5 – долинные, пойменные (ивовые, тополевы и др.) леса, 6 – мелколиственные леса (преимущественно производные березовые и частично осиновые и др.) леса, 7 – болотные сообщества, 8 – луговые сообщества

Выводы и рекомендации. Основой составления карт эколого-фитоценологических комплексов, или корреляционных геоботанических карт, являются ординации растительности по ведущим факторам среды, определяющим тепло и влажнообеспеченность растительного покрова, а также, количественные сопряженности, с помощью мер Дайса, между ведущими факторами среды и растительными сообществами соответствующих конкретным симуктурно-функциональным уровням.

Каждый таксон характеризуется своей, сугубо индивидуальной мерой экологической сопряженности с определяющими факторами среды. На ординационной схеме четко выделяются по значениям мер Дайса экологические оптимумы по каждому типу растительности в пределах своего экологического ареала.

На основе ординации растительности составление эколого-фитоценологической карты Земли, а также подобные карты на Дальний Восток России (региональный уровень оастительного покрова).

В результате анализа эколого-фитоценологической карты мира выявлены основные ботанико-географические соотношения планетарного уровня, экологические сопряженности факторов среды и растительности [10], которые во многом определяют структурно-функциональную организацию лесной растительности и на остальных структурных уровнях растительности: региональном, ландшафтном и ценоценологическом.

Корреляционные карты дают возможность непосредственно оценивать

экологическую устойчивость растительных таксонов, их изменение в различных сочетаниях тепло-влагообеспеченности. Подобные карты, по существу, являются картографической моделью возможных изменений структуры при различных вариантах экологических изменений. Растительность с высоким уровнем, показателем экологического соответствия занимает экологические оптимумы и наиболее экологически устойчивая.

На глобальном уровне структурной организации растительности наиболее вероятны изменения структуры, следовательно, и продуктивности ее в экотонных районах. Здесь растительность наиболее чувствительна к происходящим изменениям. В связи с этим, такие участки являются наиболее уязвимы, отличаются повышенными индикационными свойствами. Поэтому организация биосферных станций для задач мониторинга природной среды, в первую очередь, растительного покрова в подобных местах наиболее предпочтительна.

Карта эколого-фитоценологических комплексов Земли) четко выявляет закономерности пространственного распространения растительности. Каждый уровень теплообеспеченности, характеризуемый интервалом суммы в 400° , соответствует определенной подзоне растительности. Другая закономерность, названная И.И. Букс [4] провинциальной, отражает зависимость типологического состава от радиационного индекса сухости при равных условиях теплообеспеченности.

Выявленные количественными соотношения между сочетанием градации ведущих факторов среды и синтаксонами могут быть использованы при прогнозировании структуры растительного покрова в русле экологического мониторинга.

Совместное влияние тепло-влагообеспеченности определяет лесорастительные условия, что используется для геоботанического, лесорастительного, ботанико-географического районирования, составления классификаций лесных сообществ на эколого-фитоценологической основе, климатической ординации высотных лесорастительных поясов растительности, определения антропогенного изменения растительности [11], выделения высотно-поясных подразделений лесного покрова, при изучении влияния изменения климата на распространение высших единиц растительности в т.ч. северной Азии [21, 23, 24, 25].

Карты эколого-фитоценологических комплексов, адекватные корреляционным геоботаническим картам, используются при изучении лесообразовательного процесса [7, 13, 15], выявлении оптимальных мест произрастания лесообразующих видов.

Полученные результаты исследований позволяют выходить на составление классификаций многоуровневых эколого-фитоценологических комплексов, могут быть использованы для задач мониторинга не только растительного покрова, но и в области экологической географии, составлении экологических карт, для прогнозирования наиболее экологически устойчивой лесной растительности и ее динамических процессов в связи с разными сценариями изменения климата и для других задач экологического мониторинга, выявления параметров глобальной экологии [2].

Литература

1. Арманд Д.Л. Опыт математического анализа связи между типами растительности с климатом // Изв. ВГО, 1950. Т. 82. Вып. 1. С. 19–50.
2. Берлянт А.М. Картографический метод исследования. М.: Изд-во МГУ, 1978. 255 с.
3. Будыко М.И. Глобальная экология. М: Мысль. 1977. 328 с.
4. Букс И.И. Методика составления и краткий анализ корреляционной эколого-фитоценологической карты Азиатской России М. 1:7 500 000 // Геоботаническое картографирование, 1976. С. 44–51.
5. Григорьев А.А., Будыко М.И. О периодическом законе географической зональности // Докл. АН СССР, 1956. Т. 110. № 1. С. 129–132.
6. Майорова Л.П., Петропавловский Б.С. Пихтово-пихтово-еловые леса Приморского края (Эколого-географический анализ). Дальнаука, 2017. 159 с.

7. *Петропавловский Б.С., Семкин Б.И., Усольцева Л.А.* Опыт изучения устойчивости типов растительности в планетарном масштабе для целей фонового мониторинга окружающей среды // Опыт и методы экологического мониторинга. Пушчино, 1978. С. 60-63.
8. *Петропавловский Б.С., Майорова Л.А.* Методика составления крупномасштабных корреляционных эколого-фитоценологических карт на основе применения анализа разнообразия // Геогр. Проблемы формирования ТПК Восточной Сибири. Иркутск, 1982. С. 172 – 174.
9. *Петропавловский Б.С.* Некоторые подходы к разработке биогеографической сетки для задач мониторинга растительного покрова // Локальный мониторинг растительного покрова. Владивосток, 1982. С. 5-10.
10. *Петропавловский Б.С.* Принципы составления корреляционных эколого-фитоценологических карт мира и ее использование с целью оптимального размещения биосферных станций мониторинга окружающей среды // Разработка и внедрение на комплексных станциях методов биологического мониторинга: Материалы первой междунар. школы биол. мониторинга. (Рига, 9-12 декабря 1980 г). Т. I. Рига: Зинатне, 1983. С. 99-104.
11. *Петропавловский Б.С.* Антропогенное изменение растительности // Изучение загрязнения окружающей среды и его влияние на биосферу: Материалы III заседания Междунар. рабочей группы по Проекту № 14 МАБ ЮНЕСКО. Л., 1986. С. 139-14.
12. *Петропавловский Б.С.,* Леса Приморского края: (Эколого-географический анализ). Владивосток: Дальнаука, 2004. 317 с.
13. *Петропавловский Б.С.* Эколого-растительные комплексы мира //Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием (Санкт-Петербург, 20-24 сентября 2011 г.). Том 2. Структура и динамика растительных сообществ. Экология растительных сообществ. «Бостон-спектр», Санкт-Петербург, 2011 С. 397- 400.
14. *Петропавловский Б.С.* Эколого-фитоценологические комплексы Дальнего Востока России // Актуальные проблемы геоботаники. Материалы Международной научной конференции, посвященной памяти выдающегося ученого, основоположника казахстанской геоботанической школы, академика НАН РК, д.б.н. Б.А. Быкова в связи с 100-летием со дня рождения. Алматы, 2011. С. 86-90.
15. *Петропавловский Б.С.* Экологическая обусловленность распространения типов леса Приморского края // Лесоведение, 2012. № 3. С. 33-42.
16. *Пузаченко Ю.Г.* Принципы информационного анализа. // Статистические методы исследования геосистем. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 4-12.
17. *Сёмкин Б.И., Петропавловский Б.С., Кошкарев А.В., Варченко Л.И., Усольцева Л.А.* О методе многомерного анализа соотношения растительности с экологическими факторами // Ботан. Журн, 1986. Т. 71. № 9. С. 1167–1181.
18. *Сочава В.Б.* Растительный покров на тематических картах. Новосибирск: Наука, 1979. 189 с.
19. *Урусов В.М., Петропавловский Б.С., Варченко Л.И.* К корректировке ботанико-географического и флористического районирования Дальнего Востока // Мониторинг и биоразнообразие экосистем Сибири и Дальнего Востока. Находка: Институт технологии и бизнеса, 2012. С. 25-45.
20. Физико-географический атлас мира. М., 1964. 298 с.
21. *Bouxin G.* Ordination and classification in the upland Rugege forest (Rwanda, Central Africa). // Vegetatio 1976, 32, N 2. P. 97-115.
22. *MacArthur R.H.* Geographical ecology. Patterns in distribution of species. N.Y.: Harper and Row. 1972. 269 p.
23. *Nakamura Y., Krestov P.V., Omelko A.M.* Bioclimate and vegetation complexes in Northeast Asia: a first approximation to integrated study // Phytocoenologia. - Vol. 37. N 3-4. 2007. P. 443-470.
24. *Semkin B.I., Petropavlovsky B.S., Kislov D.E., Brizhataya A.A.* Ecological Maps and Their Differences from the Environmental // Modern scientific researches and innovations. 2015. № 8. URL: <http://web.snauka.ru/en/issues/2015/08/56843>.