

## ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВАХ НА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ДРЕВЕСНЫХ ЭДИФИКАТОРОВ

В.Г. Щербина

Филиал Института природно-технических систем,  
РФ, г. Сочи, Курортный проспект, 99/18  
E-mail: v.g.scherbina@bk.ru

Оценивался аллелопатический режим фитогенного поля модельных средневозрастных деревьев семи лесных формаций в зоне влажных субтропиков Сочинского Причерноморья при допустимом диапазоне стадий рекреационной дигрессии. Методом биотестирования водных вытяжек из лесной подстилки, почвы и корней определен пространственный градиент аллелопатической активности среды фитогенного поля. Установлена доля участия аллелопатического фактора в формировании фитогенного поля на отдельных стадиях рекреационной дигрессии. Определено, что величина аллелопатической напряженности фитогенного поля, в зависимости от стадии рекреационной дигрессии, зон поля и вида-эдификатора может характеризовать степень устойчивости к внедрению новых видов, рекреационную устойчивость и стабильность сообщества.

**Ключевые слова:** Сочинское Причерноморье, влажные субтропики, лесные формации, модельные деревья, фитогенное поле, аллелопатическая активность, аллелопатический фактор.

Поступила в редакцию: 23.09.2021.

**Введение.** Аллелопатический режим биосистемы (биохимическая среда), характеризует ход изменения определенного уровня накопления аллелопатически активных веществ. В агрофитоценологии, физиологии и биохимии растений, микробиологии и факториальной экологии его принято рассматривать в качестве ведущих режимов [1] – физиологически действующих – по аналогии с газовым, почвенно-воздушным, световым и прочими экологическими режимами, как проявление «аллелопатического фактора» [2].

Известно, что аллелопатический фактор, оказывая влияние на все обитающие в биоценозе организмы, выполняя важную роль в их видовом формировании, пространственной дифференциации, жизненном состоянии и пр. [3], определяет основные свойства биоценоза (границы, сложение, степень доминирования, энергетический баланс, круговорот веществ [4]), выступая регулятором смен экосистем [2, 5].

Вопросы средомодифицирующих свойств аллелопатии, оставаясь открытыми в регионах рекреационно-туристской специализации, могут иметь определенное теоретическое и практиче-

ское значение при изучении и оценке состояния или динамики рекреационно трансформированных природных территориальных комплексов и отдельных биологических систем, а также при зонировании рекреационных территорий и планировании природоохранных мероприятий.

Цель проведенных исследований заключалась в проверке предположения, что рекреационное нарушение лесных сообществ может отражаться на аллелопатическом режиме древесных эдификаторов. При этом ставились следующие задачи:

1) оценить пространственный градиент аллелопатической активности среды фитогенного поля у средневозрастных деревьев преобладающих лесных формаций влажных субтропиков Сочинского Причерноморья при допустимых стадиях рекреационной дигрессии;

2) установить долю участия аллелопатического фактора в формировании фитогенного поля в условиях рекреационного воздействия.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в биогеоценологических одновидовых парцеллах древесных эдификаторов (*Quercus pubescens* Willd.,

*Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Castanea sativa* Mill., *Buxus colchica* Pojark, *Fagus orientalis* Lipsky, *Carpinus betulus* L., *Taxus baccata* L.) преобладающих формаций Сочинского Причерноморья, на склонах юго-восточной экспозиции 7 стационаров (44°02'N, 39°08'E; 43°41'N, 39°36'E; 43°40'N, 39°41'E; 43°39'N, 39°45'E; 43°32'N, 39°52'E; 43°31'N, 39°52'E; 43°32'N, 39°57'E).

Контролем (фоновые условия) служили типичные участки без визуальных признаков рекреационных и зоогенных нарушений и плотностью верхних горизонтов почвы в диапазоне 0,62–0,85 г/см<sup>3</sup> [6, с. 114]. Хроническое рекреационное воздействие определялось по индикаторным величинам рекреационной трансформации объемной массы почвы и площади оголенной территории, с картированием пробных площадей и установлением стадий рекреационной дигрессии [6].

Пространственный градиент аллелопатического режима в фитогенном поле оценивался в засушливый период по комплексным пробам в контроле и при I–III стадиях рекреационной дигрессии вдоль линейного трансекта (шириной 0,2 м), в трехкратной повторности, от ствола средневозрастного дерева в направлении лесного «окна» или опушки, без пересечения с тропами. Для возможности сравнительного анализа различных древесных видов и нивелирования погрешности, вызванной размерами кроны, расстояние от комля ствола до границы проекции кроны условно делилось на 5 равных частей (участки № 1–9: № 1 – зона у ствола (С), № 4 – зона середины кроны (СК), № 7 – зона проекции кроны (ПК)), с прибавлением 2 частей за проекцией кроны, для анализа внешней зоны (ВЗ) (участки № 8, 9).

Комплексные пробы, включающие почву, корни и подстилку брались на условных участках фитогенного поля. Подстилка собиралась с помощью металлической рамки (20×20 см) в трехкратной повторности, с последующим определением биомассы стандартными методами. Пробы корневых систем и почвы брались методом монолита [7] цилиндрическим буром ударного типа в

верхнем горизонте почвы (0–10 см) в пятикратной повторности, с последующим определением биомассы (корни) и объемной массы (почва).

Из собранных полевых проб готовились аналитические пробы для определения биологического воздействия водорастворимых колинов методом биопроб по А. М. Гродзинскому [3, с. 304], с использованием шкалы условных кумариновых единиц (УКЕ) [3, с. 355]. Оценка активности растворов проводилась с применением индекса (1) аллелопатической активности Н. О. Симагиной и Н. Ю. Лысяковой [8, с. 274]

$$A = \frac{S_o - S_k}{S_o}, \quad (1)$$

где  $A$  – аллелопатическая активность;  $S_o$  – содержание УКЕ в опыте;  $S_k$  – содержание УКЕ в контроле.

Определение связи в пределах фитогенного поля между парами признаков («плотность почвы –  $A$  почвы», « $A$  корней –  $A$  подстилки», «плотность почвы –  $A$  подстилки», «плотность почвы –  $A$  корней») проводилось методом частной корреляции [9]; при табличном числе степеней свободы ( $df$ ) 300,  $P_{0,05} = 0,11$ ,  $P_{0,01} = 0,15$ .

Количественная оценка доли влияющих факторов в профиле фитогенного поля деревьев проводилась с применением двухфакторного дисперсионного анализа по иерархической схеме [9], с  $df$  по фактору  $A$  – 3 (с учетом контроля), фактору  $B$  – 12, остаточной вариации – 112, общей – 127; табличное значение критерия Фишера ( $F$  табл) при значимости 0,05 и 0,01, по фактору  $A$  составляло 2,60 и 3,78, по фактору  $B$  – 1,94 и 2,51. В качестве источников варьирования принимались стадии рекреационной дигрессии (с I по III) в факторе  $A$  («рекреация») и дифференциация фитогенного поля на зоны в факторе  $B$  («зона»): ствол (участок № 1), середина кроны (№ 4), проекция кроны (№ 7), внешняя (№ 8, 9), а также участки профиля между выбранными зонами (№ 2, 3, 5, 6).

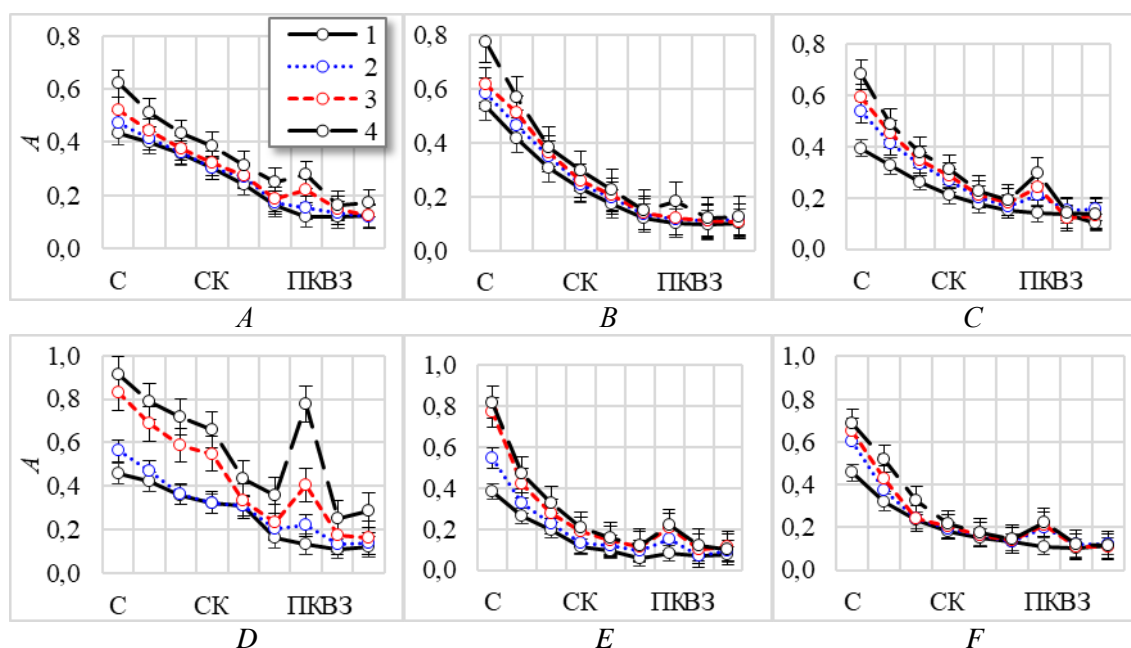
Всего, по каждому отдельному древесному виду анализ проводился по 9 пробным площадям (с учетом контроля), включающих 216 участков; обработано

1080 почвенных и корневых проб, 648 проб лесной подстилки.

На отдельных этапах анализа результаты по *Quercus pubescens* и *Quercus petraea*, ввиду близости данных (недостовверных отличий при  $P \leq 0,05$ ), объединялись в одну группу – «*Quercus*».

**Полученные результаты.** Представленные на рис. 1 профили фитогенных полей анализируемых древесных видов с градиентом аллелопатической активности от периферии кроны к стволу дерева, можно рассматривать как

проявление общей закономерности пространственного распределения комплекса влияющих факторов с формированием зон фитогенного поля модельного средневозрастного дерева, когда на взаимодействие между деревом и средой наслаиваются особенности строения кроны, увлажнения и трофности почвы, теплового режима воздуха и почвы, видовых и ценологических особенностей сопутствующих растений, а также погодных условий сезона и года [2, 10–12].



**Рис. 1.** Аллелопатическая активность в профиле фитогенного поля (С – ствол дерева, СК – середина кроны, ПК – проекция кроны, ВЗ – внешняя зона) древесных видов (А – *Castanea sativa*, В – *Quercus*, С – *Buxus colchica*, D – *Fagus orientalis*, E – *Carpinus caucasica*, F – *Taxus baccata*): 1 – контроль; 2 – I стадия дигрессии; 3 – II стадия дигрессии; 4 – III стадия дигрессии

**Fig. 1.** Allelopathic activity in the phytogenic field profile (С – tree trunk, СК – middle of the crown, ПК – crown projection, ВЗ – outer zone) tree species (А – *Castanea sativa*, В – *Quercus*, С – *Buxus colchica*, D – *Fagus orientalis*, E – *Carpinus caucasica*, F – *Taxus baccata*): 1 – control; 2 – I stage of digression; 3 – II stage of digression; 4 – III stage of digression

Максимальные значения активности, регистрируемые в комлевой зоне, объясняются большим запасом опада и подстилки в приствольной зоне деревьев [6].

Повышение аллелопатической активности в зоне проекции кроны можно объяснить большей мощностью ферментативного горизонта подстилки, распределением корневой системы, благоприятными абиотическими условиями для развития почвенных микроорганизмов, разреженностью («сквозистостью») кро-

ны, максимальной температурой воздуха и почвы, рН подстилки, снижением величины перехвата осадков на границе кроны [13–15].

Полученные результаты подтверждают наличие видовой специфичности при модификации аллелопатической активности внешними условиями в отдельных зонах фитогенного поля (варьируя от 0,06 до 0,91), что является определяющим в направленности аллелопатических эффектов [5], трансформируя

пространственное разнообразие и фитомассу напочвенного покрова через изменения физиологических процессов и морфогенез других растений [2, 3].

При рекреационном воздействии (I–III стадии рекреационной дигрессии насаждений) со значимостью  $P = 0,05–0,01$  отмечается достаточно высокая (тесная и средняя) корреляция аллелопатической активности в зонах фитогенного поля с биомассой лесной подстилки и корней) при I стадии дигрессии ( $R^2 = 0,907–0,998$ ), II стадии ( $R^2 = 0,902–0,996$ ), III стадии ( $R^2 = 0,643–0,985$ ) и тесная прямая сопряженность со стадиями дигрессии (средними значениями рекреационно уплотненной почвы) ( $r = 0,952–0,999$ ).

Расчеты частной корреляции (табл. 1) показали закономерные зависимости между парами признаков:

«А корней – А подстилки» – отсутствующая или слабая связь объясняется относительно невысокой активностью корневых выделений [3];

«плотность почвы – А подстилки» – тесная достоверная связь (при  $P_{0,01}$ ) обусловлена физическими характеристиками лесной подстилки: плотностью листовых пластинок опада (устойчивостью к биологическому или антропогенному разрушению) [6] и мощностью фермен-

тативного горизонта в подкроновом пространстве эдификаторов [16]. Наиболее близкую связь у *Carpinus caucasica* ( $r_{12*34} = 0,847$ ) можно объяснить быстрым разрушением (измельчением) сухой листвы из-за способности опавших листьев скручиваться при высыхании, формируя рыхлый слой подстилки [6];

«плотность почвы – А корней» – достоверная связь опосредованно связана с развитием травяного покрова, запасом подстилки, мощностью ферментативного горизонта и плотностью листовых пластинок в опаде. Большие значения у *Fagus orientalis* объясняются слабым развитием напочвенного покрова и подстилки [16];

«плотность почвы – А почвы» – тесная и самая высокая связь в паре ( $\bar{x} = 0,532$ ) объясняется близостью к величинам рекреационной трансформации и пространственной дифференциации видоспецифичных характеристик подстилки, корневой системы и развития напочвенного покрова. По градиенту тесноты связи отмечается близость к градиенту устойчивости экосистем в аналогичных лесных формациях Сочинского Причерноморья к рекреационному фактору [6, 16].

Таблица 1. Результаты частной корреляции при четырех переменных по парам признаков

| Сравниваемая пара признаков   | Эдификатор древостоя |         |         |        |        |        |        | $\bar{x}$ |
|-------------------------------|----------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-----------|
|                               | 1                    | 2       | 3       | 4      | 5      | 6      | 7      |           |
| Плотность почвы – А корней    | 0,212                | 0,471   | 0,545   | 0,234  | 0,604  | 0,400  | 0,191  | 0,380     |
| Плотность почвы – А подстилки | 0,164                | 0,578   | 0,630   | 0,246  | 0,360  | 0,847  | 0,185  | 0,430     |
| А корней – А подстилки        | 0,074*               | 0,115** | 0,144** | 0,019* | 0,029* | 0,085* | 0,038* | 0,072     |
| Плотность почвы – А почвы     | 0,341                | 0,399   | 0,214   | 0,647  | 0,724  | 0,819  | 0,579  | 0,532     |

1 – *Castanea sativa*, 2 – *Quercus petraea*, 3 – *Quercus pubescens*, 4 – *Buxus colchica*, 5 – *Fagus orientalis*, 6 – *Carpinus caucasica*, 7 – *Taxus baccata*;

\* – отсутствие достоверной связи, \*\* – связь достоверна при  $P = 0,05$

Величина трансформации аллелопатической активности древесных эдификаторов, протекающая на отдельных стадиях дигрессии (рис. 2), в целом характеризует величину изменений

(напряженность) аллелопатического режима со сменой растительных группировок в измененных местообитаниях, относительно контрольных показателей.

Считается, что повышение напряженности аллелопатического режима, свойственное нарушенным сообществам [3, 5, 11], сопровождается увеличением противодействия проникновению под полог древостоя агрессивных сорных конкурентов из прилегающих ценозов [17], включая инвазивные виды [18]. С этими представлениями в целом согласуются многие исследования с позиций рекреационной устойчивости лесных

сообществ, объясняя тенденцию протекающими эндодинамическими процессами [6, 19], проявляющимися в положительной корреляционной связи при допустимой плотности почвы ( $\leq$  III стадия дигрессии) с величиной парцеллярности лесной среды ( $r = 0,846$ ), долей рудеральных видов ( $r = 0,778$ ) и отрицательной – с аборигенными ( $r = -0,852$ ) и сорными видами ( $r = -0,645$ ), площадью лесного фрагмента ( $r = -0,644$ ) [6, 16].

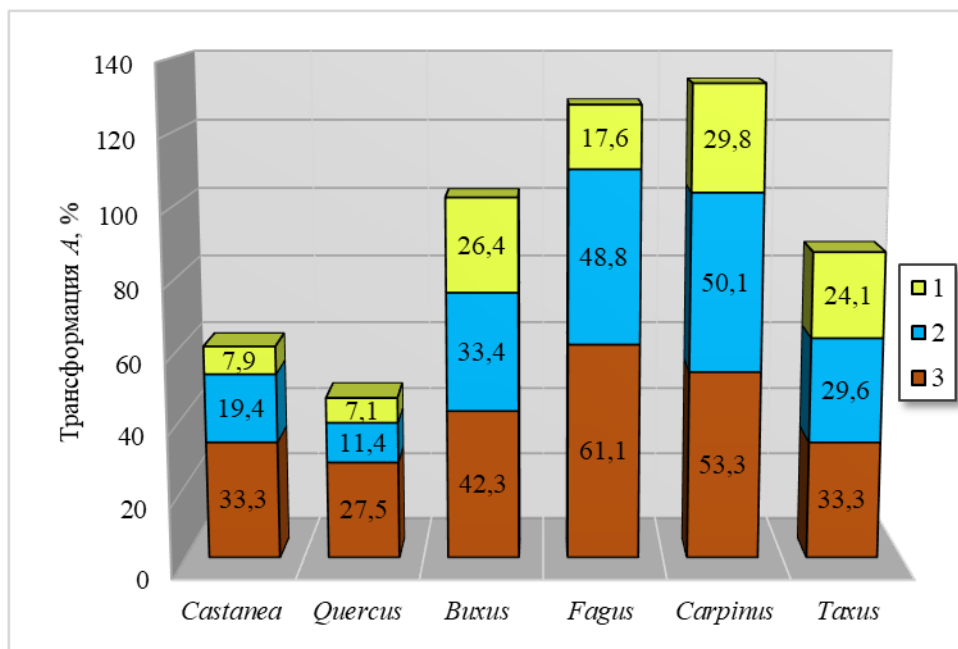


Рис. 2. Аллелопатический режим древесных эдификаторов в условиях рекреационной дигрессии среды: 1 – I стадия, 2 – II стадия, 3 – III стадия

Fig. 2. Allelopathic regime of woody edificators under conditions of recreational digression of the environment: 1 – stage I, 2 – stage II, 3 – stage III

Также, известно, что величина нарушения сообщества имеет прямую связь с интенсивностью выделения биологически активных веществ [3–5, 20], подтверждаемое полученными результатами (см. табл. 1, рис. 2) по градиенту сопряженности между эдификаторами в паре «плотность почвы – А почвы» и показателями аллелопатического режима в сообществе. В целом результаты характеризуют сообщества аборигенных видов влажных субтропиков как менее устойчивые к воздействию рекреационного фактора.

Оценка влияющих факторов на дифференциацию профиля фитогенного поля деревьев, представленная на рис. 3, позволяет количественно оценить роль

рекреационного и аллелопатического фактора в диапазоне допустимых стадий рекреационной дигрессии.

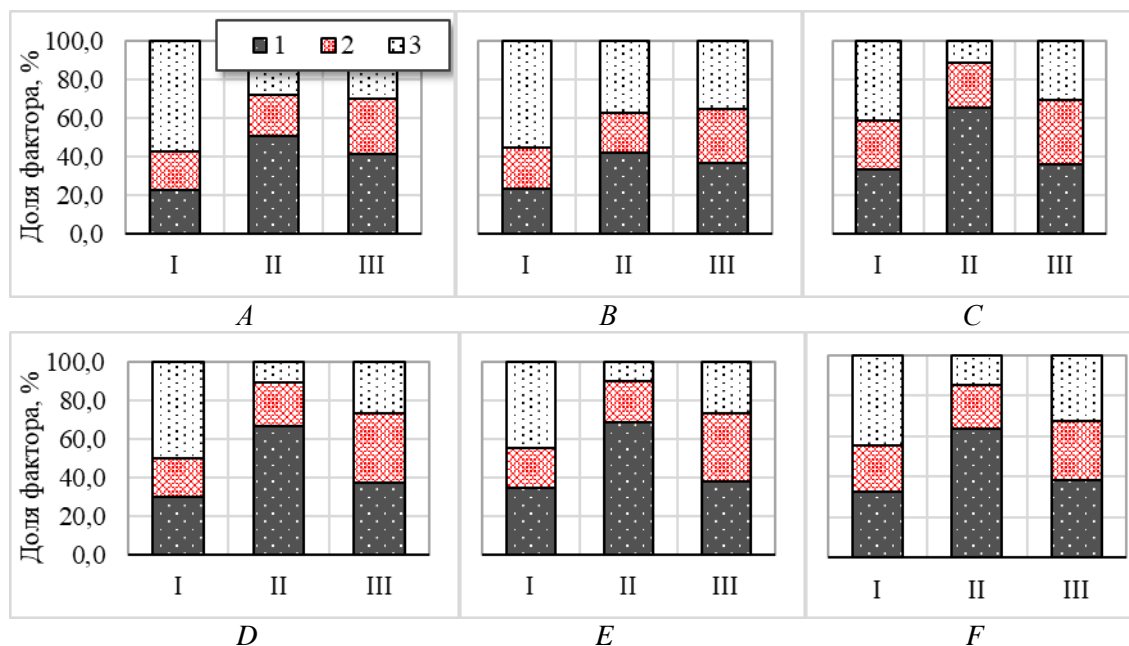
Влияние аллелопатии, с уровнем значимости  $P = 0,01$ , прослеживается на всем анализируемом диапазоне допустимого рекреационного воздействия, составляя при I стадии рекреационной дигрессии от 22,4% до 34,4%, при II – 34,0–68,4%, III – 33,8–41,2%.

Влияние рекреационного фактора на дифференциацию профиля фитогенного поля при I стадии, варьируя в диапазоне 20,2–25,8% ( $\bar{x} = 21,7\%$ ), отвергается для *Castanea sativa* ( $F_{\text{факт.}} = 1,88$ ) и остается недоказанным полностью для *Quercus petraea* ( $F_{\text{факт.}} = 2,24$ ), *Fagus orientalis* ( $F_{\text{факт.}} = 2,18$ ), *Quercus pubescens*

( $F_{\text{факт.}} = 2,00$ ), т. е. влияние на *Fagus* и *Quercus* достоверно только с вероятностью 95% ( $P = 0,05$ ), что в целом согласуется с ранее полученными результатами [6, 16].

При II стадии дигрессии воздействие рекреационного фактора становится статистически достоверным для полей всех анализируемых древесных видов в диа-

пазоне влияния 20,8–22,9% ( $P \leq 0,01$ ), сохраняя среднюю величину ( $\bar{x} = 21,7\%$ ). III стадия сопровождается достоверным ростом влияния рекреационного фактора у всех древесных эдификаторов (25,9–36,1%) с высоким уровнем значимости ( $P \leq 0,01$ ).



**Рис. 3.** Мера влияния факторов при рекреационном воздействии (I, II, III – стадии дигрессии) в фитогенном поле древесных эдификаторов (A – *Castanea sativa*, B – *Quercus*, C – *Buxus colchica*, D – *Fagus orientalis*, E – *Carpinus caucasica*, F – *Taxus baccata*): 1 – фактор «зона»; 2 – фактор «рекреация»; 3 – факторы остаточной вариации

**Fig. 3.** The measure of the influence of factors during recreational exposure (I, II, III - stages of digression) in the phytogenic field of tree edificators (A – *Castanea sativa*, B – *Quercus*, C – *Buxus colchica*, D – *Fagus orientalis*, E – *Carpinus caucasica*, F – *Taxus baccata*): 1 – factor "zone"; 2 – factor "recreation"; 3 – factors of residual variation

Значительную долю остаточной вариации (10,2–57,4%), указывающую на участие неучтенных факторов в дифференциации фитогенного поля, в общем можно объяснить ценотопической неоднородностью, включающей динамические показатели строения кроны, интенсивность накопления подстилки, световой режим кроны, распределение и количество поступающих осадков, пространственную динамику концентрации почвенных ферментов, опосредованное изменение экологической среды [5, 11, 13–16] в результате трансформации структурных и морфометрических характеристик [1, 2, 17–20].

**Заключение.** Полученные результаты могут свидетельствовать о том, что рекреационные нарушения лесной среды отражаются на аллелопатическом режиме, который, по современным представлениям, регулирует все физиологические и биохимические процессы в системе, включая устойчивость, стабильность или смену растительных сообществ.

В профиле фитогенного поля древесных видов, в «окнах» между тропиной сетью, отмечена общая тенденция в снижения аллелопатической активности по мере удаления от комля к внешней зоне фитогенного поля, с регистрацией повышения активности у ствола и в зоне усиленного корнеобразования, т.е. в зоне

проекции кроны. Повышение рекреационной трансформации подкоронового пространства в пределах допустимого диапазона стадий дигрессии сопровождается ростом аллелопатической активности, в направлении повышения ингибирующего действия, с сохранением характера распределения по профилю фитогенного поля. При этом доля влияния аллелопатического фактора, с вероятностью 99%, составляет при I стадии рекреационной дигрессии от 22,4% до 34,4%, при II – 34,0–68,4%, III – 33,8–41,2%.

Величина аллелопатической напряженности фитогенного поля, в зависимости от стадии рекреационной дигрессии, активности зон поля и вида-эдификатора может, с одной стороны, характеризовать степень устойчивости к внедрению новых видов, с другой – на рекреационную устойчивость или стабильность сообщества, формируя ряды:

– по устойчивости к рекреационному уплотнению почвы:

I стадия дигрессии – *Castanea sativa* > *Fagus orientalis* > *Quercus pubescens* > *Quercus petraea* > *Carpinus caucasica* > *Taxus baccata* > *Buxus colchica*;

II стадия дигрессии – *Quercus pubescens* > *Castanea sativa* > *Taxus baccata* > *Carpinus caucasica* > *Quercus petraea* > *Buxus colchica*;

III стадия дигрессии – *Quercus petraea* > *Quercus pubescens* > *Castanea sativa* > *Taxus baccata* > *Buxus colchica* > *Carpinus caucasica* > *Fagus orientalis*;

– по устойчивости к внедрению новых видов:

I стадия дигрессии – *Carpinus caucasica* > *Buxus colchica* > *Taxus baccata* > *Fagus orientalis* > *Castanea sativa* > *Quercus*;

II стадия дигрессии – *Carpinus caucasica* > *Fagus orientalis* > *Buxus colchica* > *Taxus baccata* > *Castanea sativa* > *Quercus*;

III стадия дигрессии – *Fagus orientalis* > *Carpinus caucasica* > *Buxus colchica* > *Taxus baccata*, *Castanea sativa* > *Quercus*;

– по стабильности сообществ:

I стадия дигрессии – *Quercus* > *Castanea sativa* > *Fagus orientalis* > *Taxus*

*baccata* > *Buxus colchica* > *Carpinus caucasica*;

II стадия дигрессии – *Quercus* > *Castanea sativa* > *Taxus baccata* > *Buxus colchica* > *Fagus orientalis* > *Carpinus caucasica*;

III стадия дигрессии – *Quercus* > *Taxus baccata*, *Castanea sativa* > *Buxus colchica* > *Carpinus caucasica* > *Fagus orientalis*.

Проведенные исследования аллелопатии дополняют энтодинамический блок протекающих процессов в рекреационно трансформированных лесных сообществах. В прикладном аспекте могут найти применение при качественной и количественной оценке пространственной стабильности и устойчивости лесных участков в рамках природоохранных мероприятий по предотвращению смены растительных сообществ и разработке эффективных стратегий контроля рекреационных участков в одновидовых парцеллах со средневозрастным древостоем в зоне влажных субтропиков России.

*Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № АААА-А16-116012510144-6 «Совершенствование механизма управления природопользованием с целью обеспечения эколого-экономической безопасности функционирования индустрии туризма».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миркин Б.М., Усманов И.Ю. Аллелопатия. Состояние, теории, методы изучения // Журнал общей биологии. 1991. Т. 52. № 5. С. 646–655.
2. Матвеев Н.М. Аллелопатия как фактор экологической среды. Самара: Самар. кн. изд-во, 1994. 206 с.
3. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление. Избр. тр. Киев: Наукова думка, 1991. 532 с.
4. Гродзинский А.М. Аллелопатия в жизни растений и их сообществ. Киев: Наукова думка, 1965. 198 с.
5. Иванов В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов. М.: Наука, 1973. 294 с.

6. Щербина В.Г., Белюченко И.С. Мониторинг окружающей среды: методологические основы. Сочи: Изд-во ИЭиВС, 2006. 356 с.
7. Колесников В.А. Методы изучения корневой системы древесных растений. М.: Лесная промышленность, 1972. 152 с.
8. Симагина Н.О., Лысякова Н.Ю. Динамика аллелопатической активности *Vulpurum fruticosum* L. в течение вегетации и онтогенеза // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Биология, химия. 2011. Т. 24 (63). № 4. С. 273–281.
9. Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика. Минск: Высшая школа, 1964. 328 с.
10. Галанин А.В. Влияние фитогенного поля на распределение растений // Экология. 1980. № 6. С. 76–78.
11. Кондратьев М.Н., Карпова Г.А., Ларинова Ю.С. Взаимосвязи и взаимоотношения в растительных сообществах. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. 300 с.
12. Лесные культуры / А.М. Данченко, М.А. Данченко, С.А. Кабанова [и др.]: 1-е изд. М.: Изд-во Юрайт, 2018. 235 с.
13. Лаврова О.П., Матвеев Н.М. Особенности температурного и светового режима в пределах фитогенного поля дуба черешчатого в условиях степного Заволжья // Вопросы экологии и охраны природы в лесостепной и степной зонах. Самара: Изд-во «Самарский ун-т», 1999. С. 58–65.
14. Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1997. 316 с.
15. Уфимцев В.И., Беланов И.П. Формирование микроклиматических условий отвалов угольной промышленности под влиянием фитогенных полей сосны обыкновенной // Вестник КрасГАУ. 2015. № 3. С. 115–120.
16. Щербина В.Г. Экологические особенности цикличности лесных биогеоценозов. Кривой Рог: Минерал, 2006. 120 с.
17. Довганюк А.И., Довганюк Е.С. Формирование устойчивых напочвенных покровов в условиях мегаполиса // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2019. Т. 23. № 3. С. 13–20.
18. Кондратьев М.Н., Ларинова Ю.С. Роль аллелопатии в инвазии растительных видов (обзор) // Известия ТСХА. 2018. № 2. С. 48–61.
19. Деградация дубрав Центрального Черноземья / В.Б. Михно, Н.Н. Харченко, В.В. Царалунга [и др.]. Воронеж: Изд-во ВГЛУ им. Г.Ф. Морозова, 2010. 604 с.
20. Матвеев Н.М. Особенности аллелопатического режима в лесонасаждениях степного Заволжья // Лесной Журнал. 1977. № 3. С. 21–25.

## THE INFLUENCE OF RECREATIONAL IMPACT IN FOREST COMMUNITIES ON THE ALLELOPATHIC REGIME OF TREE EDIFICATORS

V.G. Scherbina

Branch of Institute of Natural and Technical Systems,  
RF, Sochi, Kurortny Av., 99/18

The allelopathic regime of the phytogenic field of model middle-aged trees of seven forest formations in the zone of humid subtropics of the Sochi Black Sea region was evaluated with an admissible range of stages of recreational digression. The method of biotesting of water extracts from forest litter, soil and roots was used to determine the spatial gradient of allelopathic activity of the phytogenic field environment. The share of participation of the allelopathic factor in the formation of the phytogenic field at certain stages of recreational digression was established. It was determined that the value of allelopathic intensity of the phytogenic field, depending on the stage of recreational digression, field zones and edicator species, can characterize the degree of resistance to the introduction of new species, recreational resistance and community stability.

**Keywords:** Sochi Black Sea region, humid subtropics, forest formations, model trees, phytogenic field, allelopathy activity, allelopathic factor.

### REFERENCES

1. *Mirkin B.M. and Usmanov I.Ju.* Allelopatija. Sostojanie, teorii, metody izuchenija (Allelopathy. State, theories, methods of study). *Zhurnal obshhej biologii*, 1991, Vol. 52, No. 5, pp. 646–655 (in Russian).
2. *Matveev N.M.* Allelopatija kak faktor jekologicheskoj sredy (Allelopathy as a factor of the ecological environment), Samara: Samarskoe knizhnoe izd-vo, 1994, 206 p. (in Russian).
3. *Grodzinskij A.M.* Allelopatija rastenij i pochvoutomlenie (Plant allelopathy and soil fatigue), Kiev: Naukova dumka, 1991, 532 p. (in Russian).
4. *Grodzinskij A.M.* Allelopatija v zhizni rastenij i ih soobshhestv (Allelopathy in the life of plants and their communities), Kiev: Naukova dumka, 1965, 198 p. (in Russian).
5. *Ivanov V.P.* Rastitel'nye vydelenija i ih znachenie v zhizni fitocenzov (Plant secretions and their importance in the life of phytocenoses), Moscow: Nauka, 1973, 294 p. (in Russian).
6. *Shherbina V.G. and Beljuchenko I.S.* Monitoring okružhajushhej sredy: metodologicheskie osnovy (Environmental Monitoring: Methodological Foundations), Sochi: Izd-vo IJeiVS, 2006, 356 p. (in Russian).
7. *Kolesnikov V.A.* Metody izuchenija kornevoj sistemy drevesnyh rastenij (Methods for studying the root system of woody plants), Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1972, 152 p. (in Russian).
8. *Simagina N.O. and Lysjakova N.Ju.* Dinamika allelopaticheskoj aktivnosti *Bupleurum fruticosum* L. v techenie vegetacii i ontogeneza (Dynamics of the allelopathic activity of *Bupleurum fruticosum* L. during the growing season and ontogenesis). *Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V. I. Vernadskogo. Biologija, himija*, 2011, Vol. 24 (63), No. 4, pp. 273–281 (in Russian).
9. *Rokickij P.F.* Biologicheskaja statistika (Biological statistics), Minsk: Vysshaja shkola, 1964, 328 p. (in Russian).
10. *Galanin A.V.* Vlijanie fitogenogo polja na raspredelenie rastenij (The influence of the phytogenic field on the distribution of plants). *Jekologija*, 1980, No. 6, pp. 76–78 (in Russian).
11. *Kondrat'ev M.N., Karpova G.A., and Larikova Ju.S.* Vzaimosvjazi i vzaimootnoshenija v rastitel'nyh soobshhestvah (Relationships and relationships in plant communities), Moscow: Izd-vo RGAU-MSHA im. K.A. Timirjazeva, 2014, 300 p. (in Russian).
12. *Danchenko A.M., Danchenko M.A., Kabanova S.A., and Mukanov B.M.* Lesnye kul'tury (Forest crops), Moscow: Izd-vo Jurajt, 2018, 235 p. (in Russian).
13. *Lavrova O.P. and Matveev N.M.* Osobennosti temperaturnogo i svetovogo rezhima v predelakh fitogenogo polja duba chereščatogo v uslovijah stepnogo Zavolzh'ja (Features of temperature and light conditions within the phytogenic field of pedunculate oak in the conditions of the steppe Trans-Volga region). *Voprosy jekologii i ohrany prirody v lesostepnoj i stepnoj zonah*, Samara: Izd-vo "Samar-skij universitet", 1999, pp. 58–65 (in Russian).
14. *Ipatov V.S. and Kirikova L.A.* Fitocenologija (Phytocenology), St. Petersburg: Izd-vo St-Peterburgskogo universiteta, 1997, 316 p. (in Russian).
15. *Ufimcev V.I. and Belanov I.P.* Formirovanie mikroklimaticeskikh uslovij otvalov ugol'noj promyshlennosti pod vlijaniem fitogenykh polej sosny obyknovvennoj (Formation of microclimatic conditions of dumps of the coal industry under the influence of phytogenic fields of Scots pine). *Vestnik KrasGAU*, 2015, No. 3, pp. 115–120 (in Russian).
16. *Shherbina V.G.* Jekologicheskie osobennosti ciklichnosti lesnyh biogeocenzov (Ecological features of the cyclicity of forest biogeocenoses), Krivoy Rog: Mineral, 2006, 120 p. (in Russian).
17. *Dovganjuk A.I. and Dovganjuk E.S.* Formirovanie ustojchivykh napochvennykh pokrovov v uslovijah megapolisa (Formation of stable ground covers in a megalopolis). *Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin*, 2019, Vol. 23, No. 3, pp. 13–20 (in Russian).
18. *Kondrat'ev M.N. and Larikova Ju.S.* Rol' allelopatii v invazii rastitel'nyh vidov (obzor) (Role of allelopathy in invasion of plant species (review)). *Izvestija TSHA*, 2018, No. 2, pp. 48–61 (in Russian).
19. *Mihno V.B., Harchenko N.N., Caralunga V.V., Korchagin O.M., Matveev S.M., Mel'nikov E.E., and Zapletin V.Ju.* Degradacija dubrav Central'nogo Chernozem'ja (Degradation of oak forests of the Central Black Earth Region), Voronezh: Izd-vo VGLU im. G.F. Morozova, 2010, 604 p. (in Russian).
20. *Matveev N.M.* Osobennosti allelopaticheskogo rezhima v lesonasazhdenijah stepnogo Zavolzh'ja (Features of the allelopathic regime in the forest plantations of the steppe Trans-Volga region). *Lesnoj Zhurnal*, 1977, No. 3, pp. 21–25 (in Russian).