

DOI 10.31509/2658-607x-2020-3-2-2-15

УДК 631.4.630\*181.522

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И КАТАЛАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В ПРЕДЕЛАХ ФИТОГЕННЫХ ПОЛЕЙ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ (*PINUS KORAIENSIS* ZIE. ET SUCC.) НА ВЕРХНЕУССУРИЙСКОМ ЛЕСНОМ СТАЦИОНАРЕ**

**Л.Н. Пуртова, Т.П. Орехова\*, И.В. Киселева**

*Федеральный научный центр Биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Россия, 690022 Владивосток, проспект 100-летия Владивостока, 159*

\*E-mail: [orekhova@biosoil.ru](mailto:orekhova@biosoil.ru)

Поступила в редакцию 26.02.2020

Принята в печать 02.06.2020

Изучена изменчивость физико-химических показателей и ферментативная активность в поверхностных горизонтах буроземов в пределах фитогенных полей (ФП) плюсовых деревьев сосны корейской разного размера и возраста, произрастающих на территории Верхнеуссурийского лесного стационара. Почвенные образцы отбирались внутри ФП по секторам в направлении: север-юг, по схеме: I - приствольная часть (30 см от ствола); II – средняя часть (середина проекции кроны); III – край проекции кроны. Более высокие показатели Сорг. (28.4%) зафиксированы под сосной корейской, имеющей больший диаметр ствола (61 см) и возраст (240 лет). Средние показатели по Сорг. в пределах ФП составили 22.5-23.8% под деревьями 200-210-летнего возраста, с диаметром ствола до 40 см и кроны 12.5 и 5.2 м. Под этим деревом зафиксированы также и более высокие средние показатели рН. В секторах северной ориентации фитогенных полей деревьев, средние значения Сорг. выше (26.3%), чем в южной (23.5%). Выявлена общая тенденция к снижению кислотности на краевых участках ФП исследованных деревьев по сравнению с приствольной частью.

**Ключевые слова:** буроземы (*Cambisols*), сосна корейская, фитогенное поле, органический углерод, кислотность почв, каталазная активность

Одна из особенностей почвенного покрова лесных биогеоценозов – их высокая мозаичность связана с действием деревьев, формирующих фитогенные поля. Фитогенное поле следует считать фактором, который определяет структуру фитоценоза. При этом он влияет не только на соседние растения, но и создает биоценотические условия для возникновения экосистем (Карпачевский и др. 1989; Карпачевский, 1999). Впервые понятие фитогенное поле введено А.А. Урановым (Уранов, 1965; Уранов, Михайлова 1974). ФП по его определению – часть пространства, в пределах которого среда приобретает новые свойства, определяемые присутствием в ней данной особи. Впоследствии Миркин Б.И. и Розенберг Г.С. (1983) ФП рассматривали как область фитоценотического влияния особи (популяции фитоценоза) в пределах которого среда приобретает новые свойства, определяемые присутствием в

ней данного вида. Самойлов Ю.И. (1983) исследовал структуру ФП на примере одиночных деревьев *Quercus robur* (Fagaceae).

В отличие от полей физических, для которых свойственно плавное убывание напряженности, для ФП изменение напряженности скачкообразное, внезапное, при переходе от внутренней к внешней её части. Под напряженностью ФП понимают степень изменений, вносимых особью растения в окружающую среду в различных её точках (Ипатов, Кирикова, 2001). Почву, сформированную в пределах ФП конкретного дерева, Л.О. Карпачевский с соавторами (1989) определяют как тессеру, ими установлена вариабельность в показателях рН, содержания гумуса, плотности и порозности дерново-подзолистых почв, сформированных под елью и березой, в зависимости от удаления точек опробования от ствола дерева.

Почва, являясь наиболее буферным компонентом биогеоценоза, регулирует его устойчивость. В то же время фитогенное поле выступает одним из основных факторов, определяющих в естественных условиях структуру почвенного покрова лесного биогеоценоза. Воздействуя на почву, ФП обуславливает её изменчивость по вертикали и горизонтали, на фоне определенных климатических условий и местоположений по рельефу. При этом важное значение имеет выяснение неоднородности почвенного покрова внутри тессер. Ранее на территории Приморья исследована пространственная изменчивость физико-химических параметров бурых лесных почв внутри ФП парцелл под различными породами деревьев (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb и *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.). Проведена оценка кислотности почв, гумусного состояния, оптических параметров гуминовых кислот, содержания подвижных фосфатов в зависимости от удаленности точек опробования и ориентации секторов ФП. (Purtova, Verholat 2000; Пуртова, Верхолат, 2001). Однако не уделялось должного внимания изменению биологической активности почв внутри ФП деревьев, одним из показателей которой является ферментативная (каталазная) активность.

Между тем, все биологические процессы, связанные с превращением вещества и энергии в почве, осуществляются с помощью ферментов, так как в основе синтеза гумусовых компонентов почвы лежат окислительно-восстановительные процессы, в которых участвуют ферменты, относящиеся к классу оксидоредуктаз. Относительный уровень ферментативной активности почв диагностирует интенсивность и направленность почвообразовательных процессов в естественных условиях. Важная роль ферментов заключается в том, что они осуществляют связи между компонентами экосистемы. В связи с этим ферментативная активность отражает функциональное состояние почвенной микрофлоры и доступность элементов питания (Yang, 2008). Это в значительной

мере и влияет на продуктивность растений. У плюсовых деревьев, например, сосны корейской, характеристики почв в пределах ФП ранее не изучали. Полагаем, что они могут быть связаны с морфологическими различиями деревьев и качественными показателями их урожая. Это и определило актуальность проведения данных исследований.

Работы проводились на территории Верхнеуссурийского лесного стационара (Чугуевский район Приморского края). Стационар существует с 1973 года как научная и экспериментальная база ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН. На площади более 30 тыс. га, сохранились уникальные девственные, нетронутые рубками и пожарами, кедрово-широколиственные леса. В этих насаждениях доминирует (7-8 ед. в составе древостоя) сосна корейская (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.). Комплексные исследования процессов почвообразования и биологического круговорота в горных лесах Верхнеуссурийского стационара (ВУС) проводились коллективом авторов (Сапожников и др., 1993). В 2012-2014 гг. были выделены плюсовое насаждение и плюсовые высоко орехопродуктивные деревья сосны корейской.

**Цель** данной работы – изучение физико-химических параметров почв и оценка ферментативной активности внутри фитогенных полей плюсовых деревьев сосны корейской разного размера и возраста.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на территории кедрово-широколиственного насаждения, занимающего площадь около 5 га, расположенного в бассейне ручья Березовый Верхнеуссурийского лесного стационара. В качестве моделей для исследования выбрано три плюсовых дерева.

Дерево №3 произрастает в мелкотравно-осочковом разнокустарниковом кедровнике с елью на склоне водораздела ручья Березовый. Место расположения дерева – средняя часть крутого склона (35°), ЮЗ экспозиции, высота над уровнем моря 703

м (рис. 1В). Окружающий дерево подлесок хорошо развит, состоит из лещины маньчжурской, элеутерококка колючего и лимонника китайского. Стоящие рядом деревья представлены видами: сосна корейская, пихта белокорая, черемуха Маака, липа Таке.

Дерево №4 растет в мелкотравном разнокустарниковом кедровнике с елью и участием в древостое желтой березы, а также более развитым подлеском. Местоположение дерева – склон водораздела ручья Березовый, средняя часть крутого склона ( $45^\circ$ ), ЮЗ экспозиции, высота над уровнем моря 708 м. Подлесок состоит из большого числа кустарников и лиан, среди которых доминирующие виды – лещина маньчжурская, элеутерококк колючий, лимонник китайский, бересклет Максимовича, чубушник тонколистный (рис. 1б). Окружающие древесные породы

– сосна корейская, пихта белокорая и вишня Максимовича.

Дерево №7 находится также в мелкотравном разнокустарниковом кедровнике с елью и желтой березой (рис. 1А). Дерево расположено в средней части ЮЗ крутого склона ( $35^\circ$ ) водораздела ручья Березовый, на высоте 669 м над уровнем моря. Хорошо развитый подлесок состоит из лиан – лимонника китайского, актинидии коломикты, а также кустарников: лещины маньчжурской, элеутерококка колючего, чубушника тонколистного и бересклета Максимовича.

При отборе плюсовых деревьев сосны корейской руководствовались характеристиками, приведенными в рекомендациях В.П. Фролова (1978) и Г.В. Сенчуковой (1965). Для выбора деревьев по орехопродуктивности использовали временные рекомендации (Сенчукова, 1973). Возраст деревьев определяли по таблицам (Справочник..., 1990).



А

Б

В

**Рисунок 1.** Модельные плюсовые деревья сосны корейской:

А – дерево № 7; Б – дерево № 4, В – дерево № 3

В 2014 г. на исследуемой территории наблюдали семеношение сосны корейской. Количественный учет урожая деревьев вели по методике глазомерной оценки в соответствии со шкалой, разработанной

Н.В. Кречетовой и Г.В. Сенчуковой (Указания..., 2000). Морфологическое описание деревьев и характеристика урожая даны по общепринятым в

лесоводстве и семеноводстве методам (Справочник..., 1978).

Объектом исследования явились почвы, сформированные в пределах фитогенных полей сосны корейской. Для исследования отобраны образцы почв под деревьями с

разным типом коры, характеристиками крон, одинаковой урожайностью шишек, но различными показателями качества семян. Морфологические характеристики модельных деревьев приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Морфологические показатели плюсовых деревьев сосны корейской

№ дерева, Координаты	Высота, м	Диаметр, см	Возраст, лет	Тип коры	Урожайность, балл
№3 N 44°01'944" E 134°12'467"	24.2	61.0	240	Крупно-трещиноватая плитчатая	IV
№4 N 44°01'944" E 134°12'437"	21,0	40.0	210	Чешуйчатая	IV
№7 N 44°01'933" E 134°12'444"	22,5	39.5	200	Мелко-трещиноватая плитчатая	IV

Изучались буроземы (Классификация..., 2004) или Cambisols (WRB, 2015) под плюсовыми деревьями со следующим строением морфологического профиля: АУао – ВМ – С, сформированные в пределах фитогенных полей сосны корейской. На поверхности буроземов развита подстилка от 2 до 10 см. Горизонт АУао имеет мощность от 5 до 20 см. Почвы сильнокаменистые с укороченным профилем, расположены на склонах юго-западной экспозиции. Высота над уровнем моря составляет до 700 м.

Внутри ФП деревьев почвенные образцы, после снятия слоя подстилки отбирались по секторам в направлении: север, юг; по схеме: I – приствольная часть (30 см от ствола); II – средняя часть (середина проекции кроны); III – краевая часть (край проекции кроны). В почвенных образцах определяли кислотность почв (рНв, рНс) потенциметрически с помощью комбинированного стеклянного электрода на рН метре HI 2215 HANNA. (Аринушкина, 1970). Из-за обилия органических остатков в поверхностных горизонтах почв, содержание органического вещества определяли по данным потери при прокаливании (ПП) в муфельной печи при 550°C. Расчет содержания Сорг проводили по результатам потери при прокаливании с вводом коэффициента пересчета

(Rodeghiero et al., 2009). Каталазную активность исследовали газометрически по методу Галстяна (Методы почвенной..., 1991). Содержание фосфора определяли по методу Гинзбург-Артамоновой (Агрохимические методы..., 1988). Полученные данные обработаны с помощью статистической программы Statistica 10.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рост деревьев сосны корейской на данной территории, судя по полученным данным рНв, происходит в основном в условиях слабокислой и среднекислой реакции среды (табл. 2).

Судя по средним показателям рНвод. в секторе северной ориентации всех исследованных деревьев отмечены более низкие показатели кислотности почв (5.9) по сравнению с южной – 6.2. Вероятно, это связано с более интенсивными процессами минерализации органического вещества в секторе южного направления и замедлении этих процессов в северном секторе. Средние показатели Сорг. в горизонте АУао северного сектора исследованных деревьев выше (26.3 %), чем южного (23.5 %).

Рассмотренные 6 положений точек опробования в пределах ФП сосны корейской (приствольная часть, середина и край кроны в секторах северной и южной ориентации) указывает на большее накопление органического вещества в

приствольной части кроны и ее края в секторе северной ориентации (средние значения составили 27.0-29.8 %). Здесь отмечены более низкие параметры рНвод. (менее 6.0).

На краевых участках ФП исследованных деревьев отмечено увеличение параметров рНвод. по сравнению с приствольной частью.

Подщелачивание почв в поверхностных горизонтах наблюдалось в средней части фитогенного поля в секторе северной ориентации дерева 3 с пластинчато-трещиноватой корой. Подщелачивание почв на этом участке ФП, на наш взгляд, связано с привносом зольных элементов с опадом широколиственных пород деревьев, произрастающих в непосредственной близости с сосной корейской. В структурно-метаморфических горизонтах реакция среды слабокислая. Большая вариабельность, свойственна параметрам

рНс (от среднекислой в средней части кроны до очень сильно кислой на её краевых участках). В горизонте АУ<sub>ао</sub> показатели рНс изменялись: в секторе ФП северной ориентации в приствольной части реакция среды слабокислая, в средней части кроны слабощелочная, а на краевых участках среднекислая.

Для сектора южной ориентации ФП дерева 3 прослеживалась подобная тенденция снижения параметров рНс на краевых участках кроны. Реакция среды изменялась от слабокислой до среднекислой. Закономерность к снижению уровня кислотности установлена нами ранее для ФП кедра корейского (кедрово-пихтовая грабово-кленовая парцелла), произрастающего на территории Ботанического сада г. Владивостока (Пуртова, Верхолат, 2001).

**Таблица 2.** Изменение кислотности (рНв, рНс) в поверхностных горизонтах буроземов в пределах ФП хвойных пород деревьев

Ориентация секторов ФП	Горизонт	Участок ФП					
		I		II		III*	
		рНв	рНс	рНв	рНс	рНв	рНс
Дерево 3 (подрост липы амурской) Верхнеуссурийский стационар							
Север	AY <sub>ao</sub>	5.35	6.03	7.11	6.13	6.02	5.53
	BM	—	—	6.34	5.34	5.09	3.90
Юг	AY <sub>ao</sub>	6.45	5.74	6.56	5.92	6.61	6.35
	BM	6.56	5.92	6.56	5.77	6.09	5.36
Дерево 7 (подрост пихты белокорой) Верхнеуссурийский стационар							
Север	AY <sub>ao</sub>	4.57	3.48	6.00	4.85	6.03	4.99
	BM	4.60	3.34	4.75	3.52	4.90	3.65
Юг	AY <sub>ao</sub>	5.76	4.63	6.12	5.16	6.60	5.14
	BM	4.80	3.58	4.88	3.65	5.26	4.14
Дерево 4 (подрост вишни Максимовича) Верхнеуссурийский стационар							
Север	AY <sub>ao</sub>	6.04	5.20	6.02	5.49	5.70	4.95
	BM	—	—	5.87	4.74	6.02	5.02
Юг	AY <sub>ao</sub>	5.58	4.65	6.03	5.45	6.35	5.84
	BM	5.59	4.46	5.70	4.82	4.85	3.66
Кедр корейский (кедрово-пихтовая грабово-кленовая парцелла) Ботанический сад г. Владивосток							
Север	AY	4.6	3.93	4.55	3.04	4.61	3.79
	BM	4.8	3.72	4.11	3.57	4.68	3.65
Юг	AY	4.61	3.99	4.60	3.94	4.69	4.10
	BM	4.59	3.75	4.69	3.80	4.14	3.79

**Примечание:** Участки ФП – I – 30 см от ствола; II- середина кроны; III – край кроны; --- нет данных



Для участка ФП дерева 7 (сосна корейская с пластинчато-трещиноватой корой) с подростом пихты белокорой характерны более низкие параметры рНв и рНс в пристволевой и средней части кроны как северной, так и южной ориентации по сравнению с деревом 3. Это связано с большим количеством поступления опада хвойных деревьев, подкислением поверхностных горизонтов за счет более высокого содержания органического вещества (рис. 2). В секторе северной ориентации актуальная кислотность (рНв) в горизонте АУао изменялась от кислой (в пристволевом участке) до слабокислой (в средней части) и кислой (на уровне краевого участка кроны). Судя по показателю рНс реакция среды варьировала от очень сильно кислой в пристволевых участках ФП до кислой на краевых участках кроны.

В секторе южной ориентации дерева 7 происходило возрастание показателей как рНв, так и рНс. В пределах ФП дерева № 4 с чешуйчатой формой коры, резких изменений в показателях актуальной кислотности (рНв) не наблюдали. Во всех секторах ФП этого дерева реакция почвенной среды слабокислая. Изменения прослеживались в параметрах рНс на краевых участках кроны – реакция среды была кислой, тогда как в пристволевом и среднем участках ФП она оставалась слабокислой. Наиболее существенные изменения зафиксированы в горизонте ВМ в секторе южной ориентации ФП. Реакция среды варьировала от кислой до очень сильно кислой, а уровень рНс снижался с 5.59 до 3.66. На наш взгляд, это связано с накоплением значительного количества органического вещества в поверхностных горизонтах, а также с высвобождением подвижных гумусовых кислот.

В целом средние показатели по Сорг. в пределах ФП составили 22.5-23.8 % под деревьями 7 и 4 (200-210-летнего возраста), с диаметром ствола до 40 см и размером кроны 12.5 х 5.2 м соответственно. Значительное отличие в размерах крон дерева 4 и 7 на средних показателях Сорг. не отразилось. Более

высокие средние показатели Сорг. зафиксированы под деревом 3 (28.4 %), с большим диаметром ствола (61 см) и возрастом (240 лет), по сравнению с деревьями 4 и 7. Как показала статистическая обработка данных, установлены достоверные различия в содержании органического вещества под деревьями 3 и 7 и 4 (критерий Манна-Уитни составил 0.03-0.04). Тогда как значимых различий по содержанию Сорг. под деревьями 4 и 7 не установлено. Для дерева 3 при этом отмечены более высокие показатели рНвод. (6.3) по сравнению с деревьями 7 и 4 (5.8-5.9). Однако, значимых различий в показателях актуальной кислотности почв в пределах ФП исследованных деревьев не установлено, т.к. большая часть, отобранной для анализа почвы, имела слабокислую реакцию среды.

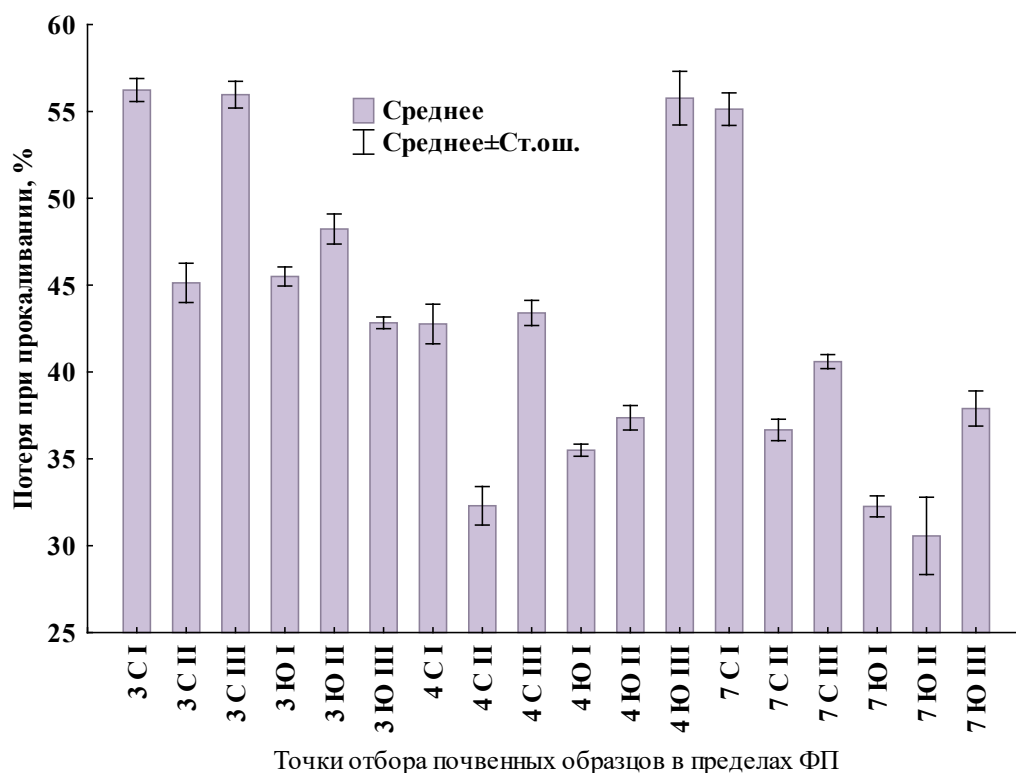
Прослеживалось также усиление микробиологической активности почв, о чем свидетельствовало увеличение показателей ферментативной (каталазной) активности (рис.3).

Отмечены изменения Ка в пределах ФП исследуемых деревьев. Для поверхностных горизонтов буроземов, в пределах ФП хвойного дерева № 3, наиболее высокие показатели каталазной активности (Ка) наблюдались в пристволевых участках в секторе северной ориентации и краевом участке южной. Согласно оценочным грациям Д.Г. Звягнцева (Методы почвенной..., 1991) поверхностные горизонты почв высоко обогащены каталазой.

Показатель потери при прокаливании (ПП) достигает наиболее высоких значений в секторе ФП северной ориентации. Высокие значения ПП зафиксированы в пристволевых и краевых участках кроны (до 56%). Такая закономерность характерна для всех почв внутри ФП исследуемых деревьев (рис.2). В секторах южной ориентации ФП показатели ПП снижались. Это, на наш взгляд, обусловлено усилением процессов трансформации органического вещества микрофлорой в благоприятных термических условиях её функционирования.

Более низкие параметры ПП и уровня каталазной активности свойственны для ФП дерева № 4 в средней части кроны секторов северной и южной ориентации. Обогащенность поверхностных горизонтов каталазой достигала средних значений, а

на краевых участках возрастала до высоких. При этом отмечалось увеличение показателей ПП, что указывало на более высокое содержание органического вещества в буроземах на краевых участках сектора южной ориентации ФП.



**Рисунок 2.** Изменение потери при прокаливании (ПП) в поверхностных горизонтах

буроземов в пределах фитогенных полей (ФП) деревьев сосны корейской №3, №4, №7)

**Примечание.** 3, 4, 7 - № дерева; С – северная, Ю – южная ориентация сектора ФП; I – приствольная часть (30 см от ствола); II – средняя часть (середина проекции кроны); III – краевая часть (край проекции кроны)

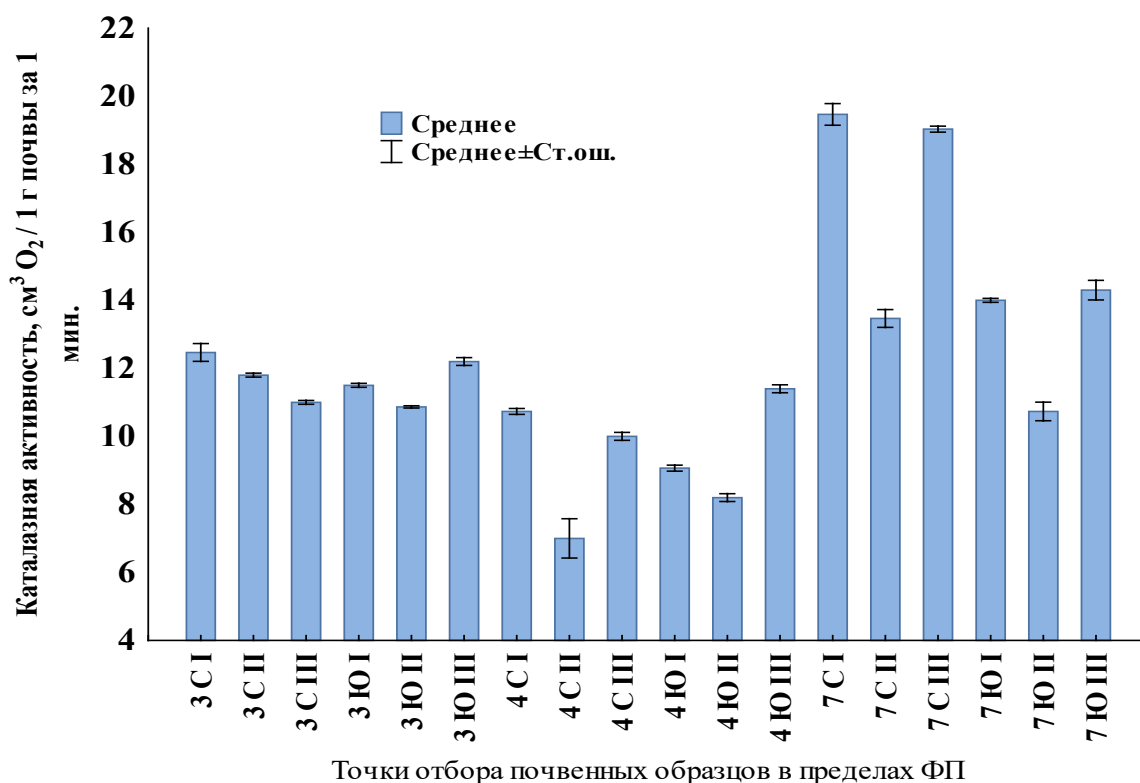
В пределах ФП (дерево № 3) в горизонте АУао обогащенность почв каталазой на всех участках ФП, в основном, была бедной от 1.5 до 1.9 ( $\text{см}^3\text{O}_2$  1 г почвы / 1 мин) (северный сектор). В южном секторе показатели Ка изменялись от 2.9 (бедная обогащенность каталазой), до очень бедной ( $0.6 \text{ см}^3\text{O}_2$  1 г почвы / 1 мин.). В горизонте ВМ (дерево № 7) для сектора северной ориентации свойственна бедная обогащенность почв каталазой (от 1.2 до  $2.3 \text{ см}^3\text{O}_2$  1 г почвы / 1 мин). Тогда как в южном секторе в поверхностном горизонте, сформированном в приствольных и средних частях кроны, показатели Ка достигали средних значений ( $6.9; 5.5 \text{ см}^3\text{O}_2$  1 г почвы / 1 мин). На

краевых участках кроны Ка возрастала до высоких значений ( $10.4 \text{ см}^3\text{O}_2$  1 г почвы / 1 мин), для этого участка отмечалось также увеличение содержания Сорг в горизонте АУао (рис. 3).

Неравномерное изменение Ка зафиксировано в пределах ФП дерева 4: в секторе северной ориентации в средней части кроны обогащенность каталазой горизонта ВМ бедная (1.7), тогда как на краевых участках отмечалось её возрастание до средних значений ( $5.9 \text{ см}^3\text{O}_2$  1 г почвы / 1 мин). В секторе южной ориентации наиболее обогащены каталазой приствольные участки ФП ( $4.7 \text{ см}^3\text{O}_2$  1 г почвы / 1 мин), по мере удаления от ствола уровень каталазной активности снижался.

В середине кроны показатели Ка составляли 1.4 (бедная обогащенность) на

краевых участках – 0.4 см<sup>3</sup>O<sub>2</sub> 1 г почвы / 1 мин (очень бедная).



**Рисунок 3.** Изменение каталазной активности (Ка) в поверхностных горизонтах буроземов в пределах фитогенных полей (ФП) деревьев сосны корейской

**Примечание:** 3, 4, 7 - № дерева; С – северная, Ю – южная ориентация сектора ФП; I – приствольная часть (30 см от ствола); II – средняя часть (середина проекции кроны); III – краевая часть (край проекции кроны)

Между параметрами Ка и ПП установлены тесные связи. Более высокие коэффициенты корреляции ( $r$ ) свойственны для пары показателей Ка - ПП в пределах ФП деревьев № 7 и № 4. ( $r = + 0.84$ ;  $r = + 0.88$ ). Тогда как в секторах ФП дерева № 3 характер связи изменялся на противоположную, и связь была выражена слабо ( $- 0.06$ ). Это, на наш взгляд, связано с различиями в процессах трансформации органического вещества в пределах ФП этих деревьев. В горизонте ВМ уровень каталазной активности снижался и соответствовал бедной обогащенности почв каталазой.

Средние значения ПП и Ка, полученные для различных секторов ФП указывают на снижение этих показателей в средней части кроны. Показатели рНвод. при этом

имели наименьшие значения в приствольной части кроны (рис. 4).

Изменения в содержании органического углерода сохраняла те же закономерности, что и ПП. Наиболее высокие показатели Сорг. характерны для приствольных и краевых участков кроны исследуемых деревьев. В пределах ФП дерева 3, в секторе южной ориентации зафиксировано возрастание содержания Сорг. (рис. 2).

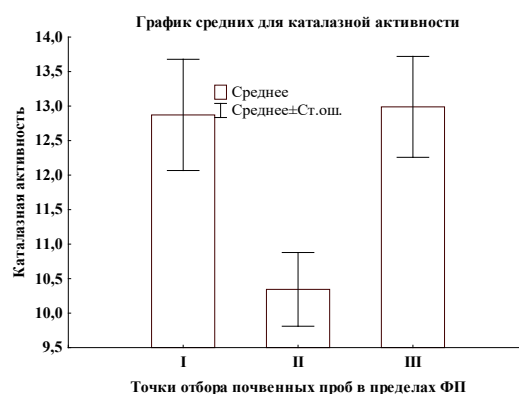
Наряду с исследованием содержания органического углерода и Ка изучено распределение подвижных фосфатов (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) внутри ФП, оказывающих важное влияние на продуктивность деревьев. Как показали результаты проведенных исследований, резких различий в содержании подвижных фосфатов не установлено (табл. 3).



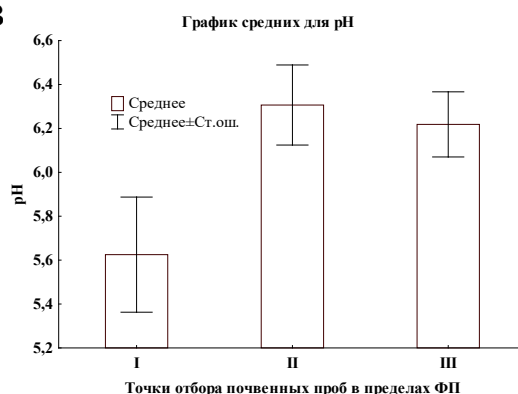
А



Б



В



**Рисунок. 4.** Изменение физико-химических показателей в пределах фитогенных полей:

А – потеря при прокаливании; Б – каталазная активность; В – pHвод.

**Примечание:** I – приствольная часть (30 см от ствола); II – средняя часть (середина проекции кроны); III – краевая часть (край проекции кроны)

**Таблица 3.** Содержание органического углерода и подвижных фосфатов в поверхностных горизонтах буроземов в пределах ФП хвойных пород деревьев

Ориентация секторов ФП	Горизонт	Сорг, %			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/100г почвы		
		Участок ФП			Участок ФП		
		I	II	III*	I	II	III*
Дерево 3 (подрост липы амурской) Верхнеуссурийский стационар							
Север	AYao	32.6	26.1	32.4	3.80	3.65	4.20
	BM	–	3,6	4,7	4.25	3.10	2.70
Юг	AYao	32.4	28.0	24.9	–	3.65	3.35
	BM	7.0.	9.5	6.2	4.15	3.25	3.25
Дерево 7 (подрост пихты белокорой) Верхнеуссурийский стационар							
Север	AYao	32.0	21.4	23.5,	4.85	2.75	2.70
	BM	5.8	1.9	1.0	2.90	2.30	2.15
Юг	AYao	18.7	17.7	21.6	2.75	2.75	3.15
	BM	4.1	4.1	3.6	2.50	2.05	2.00
Дерево 4 (подрост вишни Максимовича) Верхнеуссурийский стационар							
Север	AYao	24.8	18.7	25.2	3.65	3.35	4.10
	BM	–	3.0	6.6	–	3.15	3.10
Юг	AYao	20.6	21.7	32.3	3.95	3.95	4.75
	BM	6.2	6.2	6.5	3.15	3.10	3.17

**Примечание:** Участки ФП – I – 30 см от ствола; II – середина кроны; III – край кроны; – нет данных

В горизонте АУао в секторах северной и южной ориентации количество  $P_2O_5$  изменялось от очень низких (от 2.0 мг/100 г почвы) до низких (4.85 мг/100 г почвы) значений. В горизонте ВМ прослеживалась общая тенденция к снижению содержания  $P_2O_5$ .

В пределах ФП сосны корейской с пластинчато-трещиноватой формой коры, зафиксировано более высокое содержание  $P_2O_5$  в приствольных участках ФП сектора северной ориентации (дерево 7). Тогда как внутри ФП сосны корейской с чешуйчатой формой коры возрастание количества  $P_2O_5$  было отмечено по краевым участкам кроны в секторе южной ориентации.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, как показали результаты проведенных исследований, рост плюсовых деревьев сосны корейской, судя по параметрам рНв, происходит в условиях кислой и слабокислой реакции среды. Для дерева 3 отмечены более высокие параметры рНвод. (6.3) по сравнению с деревьями 7 и 4 (5.8-5.9). Выявлены различия в рНв и рНс внутри секторов ФП и удаленности точек опробования от ствола дерева. В секторе северной ориентации всех исследованных деревьев отмечены более низкие показатели кислотности почв (5.9) по сравнению с южной – 6.2. Общая тенденция к снижению показателей рН в горизонтах АУао и ВМ в приствольных участках кроны деревьев выражена в секторах южной и северной ориентации по сравнению с краевыми участками. На этих участках отмечена большая обогащенность горизонта АУао каталазой. Это свидетельствует о более интенсивных процессах микробиологической транс-

формации органического вещества микрофлорой почв.

Средние показатели по Сорг. в пределах ФП исследованных деревьев сосны корейской № 7 и 4 (200-210-лет, с диаметром ствола до 40 см и кроны 12.5 и 5.2 м) оказались близки и составили 22.5-23.8%. В данном случае отличия в размерах крон деревьев 4 и 7 на показателях Сорг. отразилось незначительно. Более высокие показатели Сорг. зафиксированы под деревом 3 (28.4 %), имеющим больший диаметр ствола и возраст. Установлены достоверные различия в содержании органического вещества под деревьями 3 и 7 и 4. В секторах северной ориентации исследованных деревьев, средние значения Сорг. были несколько выше (26.3 %), чем в южной (23.5 %). Установлено снижение содержания Сорг. и каталазной активности в средней части кроны по сравнению с приствольными и краевыми участками.

Таким образом, полученные данные характеризуют неоднородность почвенных условий внутри ФП сосны корейской и неравномерное изменение напряженности ФП. Это проявляется в изменчивости физико-химических параметров почв в зависимости от ориентации секторов ФП и удаленности точек опробования от ствола дерева и позволит, в дальнейшем, оценить складывающуюся неоднородность почвенного покрова внутри ФП.

Различия в физико-химических показателях почв, а также ее ферментативной активности обуславливают доступность элементов питания растений. Это в значительной степени влияет как на продуктивность деревьев, так и на качество их урожая.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Агрохимические методы определения фосфора в переувлажненных почвах (методические рекомендации)* / Стрельченко Н.Е., Куркина О.К. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1988. 48 с.

Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.

Ипатов В.С., Кирикова Л.А. К характеристике фитогенного поля *Picea abies* (Pinaceae) в зеленомошных сосняках // Ботанический журнал. 2001. Т. 86. № 5. С. 94-103.

- Карпачевский Л.О., Холопова Л.Б., Просвирина В.П. О динамике строения почвенного покрова в лесных биогеоценозах // Почвоведение. 1989. № 5. С. 94-103.
- Карпачевский Л.О. Новые подходы к изучению лесных почв // Почвоведение. 1999. № 1. С.152-160.
- Классификация и диагностика почв России. М.: Изд-во Ойкумена, 2004. 341 с.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии // под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: МГУ, 1991. 304 с.
- Миркин Б.М., Розенберг Г.С. Толковый словарь современной фитоценологии. М.: Наука, 1983. 133 с.
- Пуртова Л.Н., Верхолат В.П. Изменчивость физико-химических показателей почв в пределах фитогенных полей дуба зубчатого (*Quercus dentata* Thunb.) и дуба монгольского (*Q. Mongolica* Fisch. ex Ledeb) на юге Дальнего Востока России // Интродукционные центры Дальнего Востока России: итоги исследований. Материалы первой отчетной сессии регионального совета ботанических садов Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 143-152.
- Самойлов Ю.И. Структура фитогенного поля на примере одиночных дубов *Quercus robur* (Fagaceae) // Ботанический журнал. 1983. Т. 68. № 8. С. 1022-1034.
- Сапожников А.П., Селиванова Г.А., Ильина Т.М., Дюкарев В.Н., Бутовец Г.А., Гладкова Г.А., Гавренков Г.И., Жильцов А.С. Почвообразование и особенности биологического круговорота веществ в горных лесах Южного Сихотэ-Алиня (на примере Верхнеуссурийского стационара). Хабаровск, 1993. 270 с.
- Сенчукова Г.В. Рекомендации по организации лесосеменных участков кедра, сосны и лиственницы на Дальнем Востоке. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1965. 20 с.
- Сенчукова Г.В. Временные рекомендации по отбору плюсовых деревьев и закладке семенных плантаций кедра корейского, сосны обыкновенной и лиственницы даурской. М.: ЦБНТИ-лесхоз, 1973. 24 с.
- Справочник по лесосеменному делу / под ред. А.И. Новосельцевой. М.: Лесн. пром-сть, 1978. С. 238-256.
- Справочник для таксации лесов Дальнего Востока / под ред. В.Н. Корякина. Хабаровск: Даль НИИЛХ, 1990. 113 с.
- Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. М.: ВНИИЦ лесресурс, 2000. С. 122-123.
- Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. М.-Л.: Наука, 1965. Т. 1. С. 251-254.
- Уранов А.А., Михайлова Н.Ф. Из опыта изучения фитогенного поля *Stipa pennata* L. Бюлл. МОИП. отд. биол. 1974. Т. 79. Вып. 5. С.151-159.
- Фролов В.П. Рекомендации по семенной инвентаризации насаждений и созданию прививочных семенных плантаций хвойных пород Дальнего Востока. Владивосток, 1978. 61 с.
- Purtova L.N., Verholat V.P. Soil conditions for growing of *Quercus Dentata* in different hydrothermal provinces of the Russia far East South // Biodiversity and dynamics of ecosystems in North Eurassia. Part 2. Soils ecosystems of North Eurasia. Novosibirsk, 2000. P. 85-87.
- Rodeghiero M., Heinemeyer A., Schrumpt M., Bellamy P. Determination of soil carbon stocks and changes // Soil Carbon Dynamics an integral Methodology. Cambridge University Press, 2009. P. 49-75.
- World Reference Base for Soil Resources 2014, Update 2015. World Soil Resources Reports 106, Rome: FAO, 2015. 192 p.
- Yang L., Li T., Li F. Lemcoff J.H., Cohen S. Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field // Scientia Horticulturae. 2008. Vol. 116. № 1. P. 21-26.

## REFERENCES

*Agrohimicheskie metody opredelenija fosfora v pereuvlazhennnyh pochvah (metodicheskie rekomendacii)* (Agrochemical methods for the determination of phosphorus in waterlogged soils

- (guidelines), Vladivostok: Izd-vo DVO AN SSSR, 1988, 48 p.
- Arinushkina E.V., *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv* (Chemical soil analysis manual), Moscow: Izd-vo MGU, 1970, 487 p.
- Frolov V.P., *Rekomendatsii po semennoy inventORIZatsii nasazhdeniy i sozdaniyu privivochnykh semennykh plantatsiy khvonykh porod Dalnego Vostoka* (Recommendations on seed inventory of plantations and the creation of grafting seed plantations of coniferous species in the Far East), Vladivostok, 1978, 61 p.
- Ipatov V.S., Kirikova L.A., K karakteristike fitogennogo polja *Picea abies* (Pinaceae) v zelenomoshnykh sosnyakh (On the characteristic of the phytogenic field *Picea abies* (Pinaceae) in green moss pine forests, *Botanicheskij zhurnal*, 2001, Vol. 86, No 5, pp. 94-103.
- Karpachevskij L.O., Holopova L.B., Prosvirina V.P., O dinamike stroenija pochvennogo pokrova v lesnykh biogeocenozach (On the dynamics of the soil cover structure in forest biogeocenoses), *Pochvovedenie*, 1989, No 5, pp. 94-103.
- Karpachevskij L.O., Novye podhody k izucheniju lesnykh pochv (New approaches to the study of forest soils, *Pochvovedenie*, 1999, No 1, pp.152-160.
- Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii* (Classification and diagnostics of Russian soils), Moscow: Izd-vo Ojkumena, 2004, 341 p.
- Metody pochvennoj mikrobiologii i biohimii* (Methods of soil microbiology and biochemistry), D.G. Zvjaginцев (Ed.), Moscow: MGU, 1991, 304 p.
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., *Tolkovyj slovar' sovremennoj fitocenologii* (Explanatory Dictionary of Modern Phytocenology), Moscow: Nauka, 1983, 133 p.
- Purtova L.N., Verholat V.P., Izmenchivost' fiziko-himicheskikh pokazatelej pochv v predelakh fitogennykh polej duba zubchatogo (*Quercus dentata* Thumb.) i duba mongol'skogo (*Q. Mongolica* Fisch. ex Ledeb) na jube Dal'nego Vostoka Rossii (Variation of physicochemical parameters of soils within the phytogenic fields of dentate oak (*Quercus dentata* Thumb.) and Mongolian oak (*Q. Mongolica* Fisch. ex Ledeb) in the south of the Russian Far East), *Introdukcionnye centry Dal'nego Vostoka Rossii: itogi issledovani. Materialy pervoj otchetnoj sessii regional'nogo soveta botanicheskikh sadov Dal'nego Vostoka* (Implementation Centers of the Russian Far East: Research Results), Vladivostok: Izd-vo Dal'nauka, 2001, pp. 143-152.
- Purtova L.N., Verholat V.P., Soil conditions for growing of *Quercus dentata* in different hydrothermal provinces of the Russia far East South, *Biodiversity and dynamics of ecosystems in North Eurassia*, Part 2, Soils ecosystems of North Eurasia, Novosibirsk, 2000, pp. 85-87.
- Rodeghiero M., Heinemeyer A., Schrumpt M., Bellamy P., Determination of soil carbon stocks and changes, *Soil Carbon Dynamics an integral Methodology*, Cambridge university Press, 2009, pp. 49-75.
- Samojlov Ju.I. Struktura fitogennogo polja na primere odinochnykh dubov *Quercus robur* (Fagaceae) (The structure of the phytogenic field on the example of single oaks *Quercus robur* (Fagaceae), *Botanicheskij zhurnal*, 1983, Vol. 68, No 8. pp. 1022-1034.
- Sapozhnikov A.P., Selivanova G.A., Il'ina T.M., Djukarev V.N., Butovec G.A., Gladkova G.A., Gavrenkov G.I., Zhilcov A.S. *Pochvoobrazovanie i osobennosti biologicheskogo krugovorota veshhestv vv gornykh lesah Juzhnogo Sihotje- Alinja na primere Verkhneussurijskogo stacionara* (Soil formation and features of the biological cycle of substances in the mountain forests of South Sikhote-Alin (on the example of the Verkhneussuriysky station), Khabarovsk, 1993, 270 p.
- Senchukova G.V., *Rekomendatsii po organizatsii lesosemennykh uchastkov kedra, sosny in listvenninnitsy na Dalnem Vostoke* (Recommendations on the organization of forest seed plots of cedar, pine and larch in the Far East), Khabarovsk: DalNIILKH, 1965, 20 p.

- Senchukova G.V., *Vremennyye rekomendatsii po otboru plysovykh derevev i zakladke semennykh plantatsiy kedra koreyskogo, sosny obyknovennoy i listvennitsy dayrskoy* (Temporary recommendations for the selection of plus trees and the laying of seed plantations of Korean pine, Scots pine and Dahurian larch), Moscow: STBNTI leskhos, 1973, 24 p.
- Spravochnik dlya taksatsii lesov Dalnego Vostoka* (Handbook for taxation of forests of the Far East), Khabarovsk: DALNIILKH, 1990, 113 p.
- Spravochnik po lesosemennomu delu* (Reference manual of the forest seeds), A.I. Novosel'ceva (Ed.), Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1978, pp. 239-256.
- Ukazaniya po lecnomu semenovodstvu v Rossiyskoy federatsii* (Guidelines for forest seed production in the Russian Federation), Moscow: VNIITS lesresurs, 2000, pp. 122-123.
- Uranov A.A., Fitogennoe pole (Phytogenic field), *Problemy sovremennoj botaniki*, Moscow- Leningrad: Nauka, 1965, Vol. 1, pp. 251-254.
- Uranov A.A., Mihajlova N.F., Iz opyta izuchenija fitogenno go polja Stipa pennata L. (From the experience of studying the phytogenic field of Stipa pennata L.), *Bjull. MOIP, otd. Boil.*, 1974, Vol. 79, No 5, pp. 151-159.
- World Reference Base for Soil Resources 2014*, Update 2015, World Soil Resources Reports 106, Rome: FAO, 2015, 192 p.
- Yang L., Li T., Li F. Lemcoff J.H., Cohen S., Fertilization regulates soil enzymatic activity and fertility dynamics in a cucumber field // *Scientia Horticulturae*, 2008, Vol. 116, No 1, P. 21-26.

## THE PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS AND CATALASE ACTIVITY OF THE SOILS IN THE RANGE OF PHYTOGENIC FIELDS OF KOREAN PINE PLUS TREES AT VERKHNEUSSURIYSKY FOREST STATION

L.N. Purtova, T.P. Orekhova\*, I.V. Kiseleva

*Federal scientific center of the Eastern Asia terrestrial biodiversity, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia, Vladivostok 690022, Stoletiya Str., 159.*

\*E-mail: [orekhova@biosoil.ru](mailto:orekhova@biosoil.ru)

Received 26.02.2020

Accepted 02.06.2020

The variability of physico-chemical parameters and enzymatic activity in the surface horizons of brown soil (*Cambisols*) in the range of phytogenous fields (PF) of Korean pine plus trees of different size and age, growing on the territory of the Verkhneussuriysky forest Station, were investigated. The soil samples were taken inside PF within sectors in the direction: north-south; according to the scheme: I - near-trunk part (30 cm from the trunk); II - middle part (middle of the crown projection); III - the edge of the crown projection. The higher-level (Corg) parameters (28.4%) were under Korean pine with the bigger stem diameter (61 cm) and age (240 years). In the range of PF of Korean pine plus trees (200-210 years old, with stem diameters of 40 cm and size of crown 12.5 x 5.2 m) the middle Corg. factor was 22.5-23.8%. The higher pH average parameters determined under these trees too. The middle (Corg) parameters in the north sectors of PF trees were higher (26.3%) than in south (23.5%). The major trend of decreasing pH value in the edge parts of the PF investigated trees compared with the near-trunk parts.

**Key words:** brown soil (*Cambisols*), Korean pine, phytogenic field, organic carbon, soil acidity, catalase activity

**Рецензент:** м.н.с. Кузнецова А.И.

### Комментарий редакции

Статья Л.Н. Пуртовой, Т.П. Ореховой, И.В. Киселевой «ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И КАТАЛАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ В ПРЕДЕЛАХ ФИТОГЕННЫХ ПОЛЕЙ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ (PINUS KORAIENSIS ZIE. ET SUCC.) НА ВЕРХНЕУССУРИЙСКОМ ЛЕСНОМ СТАЦИОНАРЕ» затрагивает актуальную проблему оценки взаимосвязи почва-растительность на внутрибиогеоценотическом уровне, которая связана с концепцией мозаичности лесного биогеоценотического покрова.

В этой концепции основополагающий вопрос – выявление элементарной пространственной единицы. К таким единицам или их отдельным компонентам относятся ценобиотическая микрогруппировка Л.Г. Раменского (1938), тессера Ханса Йенни (Jenny, 1958), лесная парцелла Н.В. Дылиса (1969), элементарные почвенные ареалы (ЭПА) В.М. Фридланда (1986), тессера Л.О. Карпачевского (1977). Анализ показывает, что микрогруппировка Л.Г. Раменского относится к растительному компоненту, тессера Х. Йенни включает все элементы биогеоценоза, но имеет произвольные, искусственные границы, парцелла Н.В. Дылиса не является элементарной единицей биогеоценоза и может быть идентифицирована только на продвинутых стадиях сукцессий, ЭПА В.М. Фридланда отражает лишь часть почвенного лесного покрова, поскольку исключает так называемые «предельные структурные элементы», которые отражают функционирование лесов (подкроновые пространства, бугры и западины ВПК и др.); тессера Л.О. Карпачевского включает только почвенный компонент. Для исследования взаимосвязей «растительность – почва», в качестве элементарной единицы биогеоценотического покрова, на уровне которой эти взаимосвязи реализуются, предлагается рассматривать элементарный биогеоареал (ЭБГА) (Орлова, 2013;

Орлова и др., 2015). Площади, формы, а также название ЭБГА определяются по доминирующим растениям, т.е. по растительному компоненту, который соответствует понятию ценобиотической микрогруппировки Л.Г. Раменского. Идентификация и оценка вклада элементарных единиц покрова могут быть проведены на основе картографирования растительного покрова в масштабе 1:100 (Лукина и др., 2010). Продолжительность существования как древесных, так и межкроновых ЭБГА определяет тесноту связей между отдельными компонентами лесных биогеоценозов. ЭБГА – структурно-функциональная единица лесного биогеоценотического покрова, являющаяся элементарным провайдером экосистемных функций, таких как формирование плодородия почв, регулирование биогеохимических циклов и др. В данной статье в качестве основного элемента мозаики рассматривается тессера Л.О. Карпачевского, которая характеризует фитогенное поле конкретного дерева.

Статья содержит фактический материал по региону, в котором связи растительность–почва на внутрибиогеоценотическом уровне изучены слабо. Приведен детальный анализ данных и представлена интерпретация полученных результатов, впервые получены данные о содержании органического вещества в пределах фитогенного поля сосны корейской – важного эдификатора и ключевого вида в лесных экосистемах Дальнего Востока России. Однако, несмотря на ценность полученных данных и вложенный большой труд авторов, сделанные выводы носят предварительный характер, поскольку различия, которые отмечают авторы, статистически пока не подтверждены.

Тем не менее, результаты представляют интерес для дальнейшего исследования влияния фитогенного поля высокопродуктивных деревьев на свойства почв лесов Дальнего Востока. Развитие этого направления важно для прогнозирования динамики лесов в условиях глобальных изменений.