

УДК 631.48

Л. Б. ХОЛОВА

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ СВОЙСТВ ПОЧВ ПОД ЛЕСОМ В СВЯЗИ С ПЕСТРОТОЙ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

На основе изучения сезонной динамики некоторых свойств (рН, подвижного Р, поглощенных Са, Mg, Al) дерново-подзолистых почв в подзоне широколиственно-еловых лесов (Московская обл.) и применения информационного и статистических методов при обработке данных показана необходимость учета пестроты почвенного покрова в лесу при исследовании свойств лесных почв и их изменчивости во времени.

Сезонная динамика является важной особенностью свойств почв в умеренных широтах. Изучению этого вопроса посвящено большое число работ, в частности динамику отдельных свойств подзолистых и дерново-подзолистых почв в Московской обл. исследовали Смирнова и соавт. [20—22], Ноздрунова [14], Ильинский [8], Карпачевский [9] и др. Однако разная методика, которой пользовались авторы (смешанные или средние образцы, взятые без учета пестроты почвенного покрова в лесу), не позволяет дать однозначный ответ, являются ли выявленные закономерности сезонными изменениями свойств почв или это результат их варьирования в пространстве.

Почвенный покров в лесу очень неоднороден. Пространственная неоднородность свойств почв отчетливо выявляется в пределах сравнительно небольших площадей, занимаемых лишь отдельными участками биогеоценоза, например, в пределах парцеллы* [23, 24, 2, 13, 10 и др.].

Процессы, от которых зависит пространственная неоднородность свойств почв и их изменчивость во времени, протекают одновременно. В связи с этим возникает необходимость определения степени влияния на свойства почвы факторов «времени» и «места», сравнения временной и пространственной изменчивости свойств почв и нахождения необходимого числа повторностей для получения достоверных результатов при изучении динамики свойств почв под лесом в условиях большой пестроты почвенного покрова.

В данной работе рассматривается и сравнивается степень варьирования некоторых показателей дерново-подзолистых почв (величины рН, содержание подвижного Р, поглощенных Са, Mg, Al) во времени и пространстве и оценивается степень влияния факторов «времени» и «места» на эти свойства почвы.

Динамику свойств дерново-подзолистых почв изучали в пределах доминирующих парцелл в различных типах биогеоценозов (сосновые насаждения разного возраста, ельник лещиново-костянично-кисличный, липняк волосистоосоковый, березняки волосистоосоковые 50 и 85 лет) в подзоне широколиственно-еловых лесов (Краснопахорский лесхоз, Московская обл.). Образцы отбирали буром на постоянных пробных площадках, различающихся положением по отношению к стволу дерева. Площадки располагались у ствола и на участках проекций средней

* Парцеллы — элементы горизонтального расчленения биогеоценоза [7].

и периферийной частей крон (на расстоянии 0,7, 1,4 и 2,1 м от ствола). Описывали динамику свойств почвы парцеллы в целом (по средним значениям) и отдельных ее зон, обусловленных разным расстоянием от ствола дерева. Зоны различаются по свойствам почв в связи с различиями почвообразования на разных участках парцеллы (разные мощность подстилки, густота и состав травостоя, заселенность почв фауной и микрофлорой и т. д.). Обеспечивалась 12—14-кратная повторность отбора проб в парцелле и 3—4-кратная в каждой зоне.

Наблюдения проводили в течение вегетационных периодов 1969—1972 гг. в 1969 и 1972 гг. пробы отбирали трижды за сезон, в 1970 и 1971 гг. ежемесячно или дважды в месяц. В работе использованы данные для верхних горизонтов A_1 и $A_1 A_2$, поскольку при изучении динамики свойств нижних горизонтов почв заметных изменений по сезонам не выявлено.

Динамику рН изучали потенциометрически, подвижных соединений фосфора — по Кирсанову, поглощенных оснований (Ca, Mg, Al) в вытяжке $1n NaCl$ при полном вытеснении катионов.

При выявлении причин, влияющих на изменчивость свойств почв, приходится рассматривать сложный комплекс факторов, среди которых наряду с основными средообразующими определенное место занимают и факторы «время» и «место». Выделить степень влияния того или иного фактора на конкретное свойство почвы и сравнить степень влияния различных параметров можно лишь с помощью методов, позволяющих определить количественные связи этого свойства с фактором. Для установления таких связей в последние годы успешно применяется метод информационно-логического анализа [19], который неоднократно использовался в биологических и географических исследованиях [16—18, 12, 1, 4, 5 и др.]. Метод основан на принципах измеримости информации, передаваемой к изучаемому явлению как от одного параметра, так и от их совокупности, позволяет оценить меру связи или меру влияния факторов, или параметров на изучаемое явление и установить порядок их воздействия на каждый элемент системы.

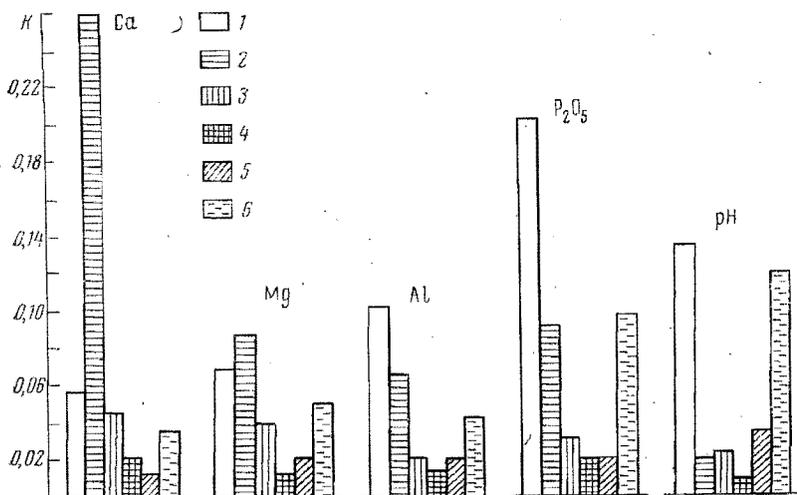
В работе используются некоторые положения (информационный анализ) информационно-логического метода для оценки связей изученных свойств почв (явления) со следующими факторами: влажностью почвы, древесной породой, почвенным горизонтом, местом и временем отбора проб в течение вегетационного периода. Отдельно рассматривается другой временной фактор — «год». С применением информационного метода обработаны данные анализов 2000 образцов.

Среди изучаемых факторов среды и параметров «времени» и «места» по степени влияния на содержание в почве поглощенных оснований ведущими являются «почвенный горизонт» и «древесная порода»; на содержание подвижного фосфора и величину рН почвы в первую очередь влияют факторы «древесная порода» и «год» (рисунок). Другими словами, особенности указанных свойств почв верхней толщи (0—10 см) определяются влиянием растительности, или типом биогеоценоза, и дифференциацией почвенного профиля на горизонты, степенью выраженности почвенных горизонтов.

Большие величины связи фактора «год» со всеми изученными свойствами характеризуют высокую степень зависимости свойств почв от погодных особенностей периодов наблюдений, иногда резко различающихся по годам. Наиболее четко на такие изменения реагируют, судя по высоким коэффициентам эффективности передачи информации от этого параметра, величина рН почвы и содержание подвижного фосфора. Влияние этого параметра на количество поглощенных оснований в почве меньше, тем не менее и здесь фактор «год» является более информативным, чем такой важный параметр, как «влажность почвы». Хотя влажность почвы сама по себе и отражает особенности погоды периодов на-

блюдений, фактор «год» включает в себя и комплекс климатических показателей, и связанную с ними специфику развития растительности в отдельные годы наблюдений.

Связь рН почвы и содержания Mg^{++} и Al^{+++} с временным фактором «время отбора» выше, чем с пространственным «место», а для содержания Ca^{++} и P в почве меры связи с этими параметрами незначительно различаются при несколько большем влиянии пространственного фактора.



Зависимость содержания обменных оснований, подвижного фосфора и величины рН почвы от некоторых факторов среды (результаты информационного анализа)

1 — древесная порода, 2 — горизонт почвы, 3 — влажность, 4 — расстояние от ствола дерева (место в парцелле), 5 — срок взятия образца (время), 6 — год, К — коэффициент эффективности передачи информации от фактора к явлению (свойству)

На фоне других влияние факторов «времени» и «места» невелико, но соизмеримо между собой, а статистический критерий достоверности χ^2 свидетельствует о значимости их влияния на свойства почвы. При изучении динамики свойств почв в одном и том же типе леса роль факторов «времени» и «места» в определении свойств почв становится более существенной, поскольку влияние древесной породы — одного из самых информативных факторов — в данном случае остается постоянным.

Статистический метод оценки связей явления и факторов — дисперсионный анализ [15] — также выявил, что параметры «время» и «место» (организованные факторы) влияют на содержание поглощенных оснований в гор. А₁ дерново-подзолистой почвы по сравнению с прочими (неорганизованными) в небольшой степени (табл. 1). С помощью статистического метода также установлено, что положение образца в парцелле с достоверностью 0,999 влияет на содержание обменного Са в гор. А₁ (0—5 см) при незначительности воздействия фактора «времени». На содержание Mg^{++} в почве достоверно лишь влияние «времени», что согласуется с данными информационного анализа, указывающими на большую связь содержания Mg^{++} в почве с временным фактором, чем с пространственным.

Наряду с оценкой мер связи свойств почвы с параметрами «время» и «место» сравнивалась степень изменчивости свойств во времени и пространстве с помощью одной из основных статистических характеристик — коэффициента вариации (v_1 — для оценки изменчивости свойств почв во

времени и v_2 — в пространстве). Значение v_1 вычисляли для каждой зоны парцеллы и для парцеллы в целом. В последнем случае он представлял среднюю величину из полученных v_1 для отдельных зон парцеллы. v_2 характеризовал изменчивость свойств почв в пределах парцеллы в момент отбора образца и в течение вегетационного периода (среднее из v_2 по срокам). Для сопоставления временной и пространственной изменчивости свойств почв парцеллы использовали указанные средние значения коэффициентов вариации.

Таблица 1

Связь содержания поглощенных оснований в гор. А₁ (0—5 см) дерново-подзолистой почвы с параметрами «время» и «место» (данные для почв под всеми изученными типами леса)

Показатель	Поглощенные основания	A	B	AB	x	z	y
Дисперсии, С	Ca	4,4	39,6	2,8	46,8	645,5	692,2
	Mg	11,4	3,8	0,6	15,8	212,2	228,0
	Al	5,9	0,6	1,6	8,1	259,6	267,7
Степень влияния	Ca	0,006	0,057	0,004	0,067	0,930	—
	Mg	0,050	0,016	0,002	0,068	0,930	—
	Al	0,022	0,002	0,006	0,030	0,970	—
Число степеней свободы	Ca	3	3	9	15	272	287
	Mg	3	3	9	15	272	287
	Al	3	3	9	15	272	287
Девиаты	Ca	1,47	13,20	0,31	3,12	2,37	—
	Mg	3,80	1,30	0,07	1,05	0,78	—
	Al	2,00	0,20	0,18	0,54	0,95	—
Показатель достоверности влияния F	Ca	0,62	5,57	0,13	1,32	—	—
	Mg	4,87	1,67	0,09	1,35	—	—
	Al	2,10	0,21	0,19	0,57	—	—

Примечание. А — фактор «времени», В — «места», АВ — совместное влияние А и В, x_1 — организованные факторы, z — случайные факторы, y — результирующий признак.

Сравнение динамичности изученных свойств гумусовых горизонтов дерново-подзолистых почв по коэффициентам вариации во времени показало, что наиболее вариабельным является содержание обменных Al, Mg и подвижного P. Сравнение временного и пространственного варьирования разных свойств по коэффициентам вариации довольно условно, поскольку указать границы, при которых одни коэффициенты считаются большими, а другие малыми, трудно, что, видимо, связано со спецификой самих свойств почвы [6].

Более успешным может быть сравнение коэффициентов временного и пространственного варьирования каждого отдельного свойства почвы в парцелле и по ее зонам (табл. 2). Содержание обменных Ca, Al и подвижного P в гумусовых горизонтах дерново-подзолистых почв парцеллы варьирует в пространстве в большей степени, чем во времени, как правило, в почвах под всеми изученными типами леса. Что касается зон парцелл, то в почвах периферийных участков, наиболее удаленных от ствола, чаще временное варьирование названных свойств больше пространственного. Изменчивость в пространстве поглощенного Mg значительно отличается от временной, а в зонах проекций периферийной части крон варьирование во времени больше, чем в пространстве. Выявить какие-либо определенные соотношения между варьированием величины рН почвы во времени и пространстве не удалось; в один год значения пространственной и временной изменчивости были равны, в другой — пространственная изменчивость была больше временной. Тем не менее и для рН временные колебания в почвах зон, наиболее удаленных от стволов деревьев, были больше пространственных.

Таблица 2

Варьирование некоторых свойств дерново-подзолистых почв во времени (v_1 , %) и пространстве (v_2 , %)

Тип леса	Зона парцеллы	v_1	v_2
Ca^{++} , мг-экв/100 г почвы			
Ельник лещиново-костянично-кисличный	М	27	35
	I	26	34
	IIa	22	21
	IIб	25	22
	III	35	21
Березняк волосистоосоковый 50 лет	М	13	18
	I	13	25
	IIa	14	19
	IIб	6	7
	III	20	17
Mg^{++} , мг-экв/100 г почвы			
Сосняк лещиново-хвощово-лютиковый 78 лет	М	30	19
	I	32	20
	IIa	26	19
	IIб	33	26
	III	30	18
Березняк волосистоосоковый 50 лет	М	27	26
	I	33	32
	IIa	27	24
	IIб	20	19
	III	26	18
P_2O_5 , мг/100 г почвы			
Ельник лещиново-костянично-кисличный	М	45	53
	I	33	41
	IIa	45	31
	IIб	34	41
	III	68	21

Примечание. М — парцелла в среднем, I — зона у ствола, II — проекция средней части кроны (а — на расстоянии 0,7 м от ствола, б — на расстоянии 1,4 м от ствола), III — проекция периферийной части кроны (2,1 м от ствола).

Указанные соотношения временного и пространственного варьирования некоторых свойств дерново-подзолистых почв показали, что высокое варьирование свойств почв в парцелле (пространственное) чаще всего перекрывает временное. В зонах парцелл, где варьирование свойств в пространстве меньше, чем в парцелле, изменчивость их во времени проявляется в большей степени. Это еще раз подтверждает тот факт, что результаты, полученные при изучении динамики свойств почв даже на относительно небольших по площади участках без учета пространственной неоднородности свойств почв не всегда отражают действительные колебания свойств почв во времени. По данным наблюдений 1971 г. мы определили необходимую повторность взятия почвенных образцов для получения достоверных результатов при изучении отдельных свойств дерново-подзолистых почв в динамике. Так, для изучения динамики поглощенного Са в почве парцеллы с точностью 5% рекомендуется 60—70-кратная повторность, Mg — 30—50-кратная, Al — 60-кратная, подвижного P — 25-кратная, реакции почвы — 40—50-кратная. При точности 10%, допустимой при почвенных исследованиях, число образцов равно соответственно 40—50, 20—30, 40—50, 15—20 и 20—30. Количество почвенных проб для зон парцелл значительно меньше, чем для парцеллы в целом. Например, при изучении динамики содержания обменного Са в дерново-подзолистой почве под ельником необходима 45-кратная пов-

торность при 10% точности, а для зоны проекции периферийной части кроны достаточна 6—9-кратная; при изучении динамики рН и подвижного Р там же—20—25-кратная для почвы парцеллы и 5—9-кратная для участков, удаленных от ствола на 1,5—2,0 м.

Наши наблюдения показали, что динамика свойств почв в разных зонах парцелл может отличаться как амплитудой, так и направлением, т. е. ход изменений свойств в течение вегетационного сезона на разных участках парцелл может быть разным, иногда прямо противоположным. Поэтому желательно проводить наблюдения за динамикой свойств почв на участках ограниченной площади, но приурочивать их к разным частям парцелл для получения более полной картины сезонной изменчивости свойств лесных почв.

Выводы

1. Характеристика динамики свойств лесных почв по средним значениям не всегда отражает реальную изменчивость их во времени ввиду большой пространственной неоднородности свойств лесных почв даже в пределах относительно небольших по площади участков биогеоценозов — парцелл. Пространственное варьирование здесь, как правило, перекрывает временное. В зонах парцелл, меньших по площади и более однородных по свойствам почв, изменчивость последних во времени более заметна.

2. Влияние параметров «времени» и «места» в определении свойств почвы на фоне других факторов (например, «древесная порода», «год») невелико, но статистически достоверно. Связь более динамических свойств почв с временным фактором «время» выше, чем с пространственным «место» (например, рН или содержание Mg), что означает, что при изучении более мобильных свойств почв срок отбора образца влияет на результат анализа в большей степени, чем положение образца в парцелле.

3. При изучении динамики свойств лесных почв необходимо предварительно изучить свойства почв и особенности почвенного покрова территории и определить нужное для получения достоверных результатов количество образцов.

4. Поскольку отобрать большое и не всегда одинаковое число образцов довольно трудно, более перспективными следует признать методы, позволяющие изучать динамику свойств почв без нарушения почвенной структуры и получить данные в любой требуемой точке с достаточной повторностью.

Литература

1. *Взнуздава Н. А.* Пространственная изменчивость почвенной влажности и ее связь со структурой биогеоценоза. В сб.: Почвенные комбинации и их генезис. «Наука», 1972.
2. *Винокуров М. А., Миронов Н. А., Шакиров К. Н.* О пестроте химических свойств верхних горизонтов дерново-подзолистых почв в лесу. В сб.: Взаимоотношения леса с почвой. Казань, 1964.
3. *Гришина Л. А., Генералова Л. Г.* Опыт применения катионитов для изучения динамики питательных элементов в ельнике кисличном Валдайского стационара. Матер. Всес. совещ. по биогеоценологии и методам учета первичной продукции в еловых лесах. Петрозаводск, 1973.
4. *Дайнеко Е. К., Неишатаев Ю. Н.* Анализ структуры почвенного и растительного покровов Казакской степи Центрально-Черноземного заповедника им. В. В. Алехина. В сб.: Структура почвенного покрова и методы ее изучения. М., 1973.
5. *Дайнеко Е. К., Фридланд В. М.* Опыт применения информационно-логического анализа для выяснения взаимосвязей между факторами почвообразования и некоторыми морфологическими свойствами почв. В сб.: Почвенные комбинации и их генезис. «Наука», 1972.
6. *Дмитриев Е. А.* Математическая статистика в почвоведении. Изд. МГУ, 1972.
7. *Дылис Н. В., Уткин А. И., Успенская И. М.* О горизонтальной структуре лесных биогеоценозов. Бюл. МОИП, отд. биол., т. 69, № 4, 1964.

8. Ильинский В. В. Динамика подвижных P_2O_5 и K_2O в почвах под сосновыми насаждениями I—IV бонитетов. В сб. работ Московск. лесотехнического ин-та, вып. 33, 1970.
9. Карпачевский Л. О., Киселева Н. К. Определение динамики К в почве с помощью катионита КУ-2. Агрохимия, 1969, № 1.
10. Карпачевский Л. О., Киселева Н. К., Леонова Т. Г., Попова С. И. Пестрота почвенного покрова и ее связь с парцеллярной структурой лесного биогеоценоза. В сб.: Биогеоценологические исследования в широколиственно-еловых лесах. «Наука», 1971.
11. Киселева Н. К., Карпачевский Л. О., Корецкая Л. Б. Влияние структуры биогеоценоза на состав обменного комплекса и содержание обменных оснований (кальция, магния, алюминия) в почвах. Матер. II Всес. совещ. «Применение количественных методов при изучении структуры растительности». Тарту, 1969.
12. Лозинов Г. Л., Микляева И. М., Пузаченко Ю. Г. Микроструктура травянистого яруса еловых структур. В сб.: Биологическая продуктивность ельников. Тарту, 1971.
13. Мина В. Н. Влияние осадков, стекающих по стволам деревьев, на почву. Почвоведение, 1967, № 10.
14. Ноздрунова Е. М. К вопросу о динамике минеральных соединений фосфора в дерново-подзолистых почвах. Докл. ТСХА, вып. 29, 1957.
15. Плохинский Н. А. Биометрия. Новосибирск, 1961.
16. Пузаченко Ю. Г. Применение информационно-логического анализа при изучении структуры и продуктивности фитоценоза. Матер. II Всес. совещ. «Применение количественных методов при изучении структуры растительности». Тарту, 1969.
17. Пузаченко Ю. Г. Параметры синэкологического оптимума ельников. В сб.: Биологическая продуктивность ельников. Тарту, 1971.
18. Пузаченко Ю. Г., Карпачевский Л. О., Взындаев Н. А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности. В сб.: Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. «Наука», 1970.
19. Пузаченко Ю. Г., Мошкин А. В. Информационно-логический анализ в медико-географических исследованиях. Медицинская география, вып. 3, М., 1969.
20. Смирнова К. М. Сезонные изменения в свойствах почв хвойных и лиственных лесов. Почвоведение, 1956, № 12.
21. Смирнова К. М., Глебова Г. Н., Королева Л. И. Динамика современных почвенных процессов под хвойными лесами южной тайги. В сб.: Исследования в области генезиса почв. «Наука», 1963.
22. Смирнова К. М., Громашева Б. Н. Динамика химических свойств почв под хвойными зеленомошными лесами. Почвоведение, 1955, № 6.
23. Jamison V. C. The slow reversible drying of sandy surface soils beneath citrus trees in central Florida. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1942, v. 7.
24. Zinke P. J. The pattern of influence of individual forest trees on soil ecology. Ecology, 1962, v. 43 (1).

Лаборатория биогеоценологии
им. В. Н. Сукачева БИН АН СССР

Дата поступления
9.III.1977 г.