

УДК 631.4

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ ЗАСЛУЖЕННОГО ПРОФЕССОРА Е.А. ДМИТРИЕВА**В. П. Самсонова**

МГУ имени М.В. Ломоносова, 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

E-mail: vkbun@mail.ru

Статья представляет собой обзор научных проблем, над которыми работал заслуженный профессор Московского университета имени М.В. Ломоносова Евгений Анатольевич Дмитриев. Основная область его научных интересов — генезис данных о почве и почвенном покрове. Многочисленные работы, выполненные под его руководством, убедительно демонстрируют влияние способов опробования на результаты определения тех или иных почвенных свойств. Как следствие, это влияние распространяется и на конечные выводы, которые могут быть сильно искажены, если не учитывается способ их получения. В попытке решения вопроса «что классифицирует классификация почв» он разрабатывает концепцию «единичной почвы», которая может быть объектом почвенных классификаций, не являясь непосредственно почвенным телом, однако выступая как своеобразный стандартный элемент опробования. Теоретическое осмысление влияния неоднородности почв и почвенного покрова на всех иерархических уровнях на особенности ее «жизни» — тематика второй части научного наследия Е.А. Дмитриева. Он выдвигает концепцию почвенных тел разной мерности, показывает влияние размерностных характеристик этих тел на почвенные режимы, и в частности на водный режим, обсуждает необходимость исследований почвенных режимов на разных иерархических уровнях. Для фиксации неоднородности почвы и почвенного покрова им были разработаны специальные приспособления, при помощи которых проводились исследования на дерново-подзолистых, серых лесных, каштановых и других почвах.

Ключевые слова: пространственная неоднородность почв и почвенного покрова, статистические методы, классификация почв.

Введение

Заслуженный профессор МГУ Евгений Анатольевич Дмитриев — российский почвовед, широко известный в России работами в области применения статистических методов в почвоведении. Его учебник «Математическая статистика в почвоведении», впервые изданный в 1972 г., несколько раз переиздавался. Несколько поколений российских почвоведов знакомились с методами обработки данных по этому учебнику.

Для Е.А. Дмитриева применение статистических методов в почвоведении никогда не было самоцелью. Он относился к ним как к инструменту познания такого сложного природного объекта, как почва.

История применения статистических методов в почвоведении

Для многих почва, то, что под ногами, то, что присутствует в повседневной жизни, кажется простой и понятной. Но это только на первый взгляд. Лишь когда привычное состояние начинает изменяться, причем зачастую необратимо, люди задумываются над причинами этих изменений. В 1883 г. В.В. Докучаев, отвечая на вопрос, заданный Вольным экономическим обществом относительно снижения урожайности на черноземах, сформулировал основы почвоведения.

Проблема почвенной неоднородности осознавалась учеными уже с самого начала, со времени оформления почвоведения в отдельную науку. Упомянем работу П.А. Костычева [31], в которой он выступал с критикой изогумусовых линий, предложенных В.В. Докучаевым для характеристики закономерностей пространственного распределения почв на Русской равнине. В серии экспериментов П.А. Костычев показал, что изменение содержания гумуса, сопоставимое с изменчивостью на расстояниях в несколько сотен километров, может осуществляться и на расстояниях в несколько сотен или даже десятков метров.

Можно сказать, что практически одновременно начинают развиваться два близких подхода к оценке пространственной неоднородности почв. Первый из них связан с необходимостью обработки экспериментальных данных, получаемых при мониторинге (в первых работах — мониторинге режимов влажности), а второй — с необходимостью учета пространственной неоднородности качества почвы при организации сельскохозяйственных опытов.

Для описания пространственной изменчивости почвенных свойств в конце XI в. начинают использоваться методы математической статистики. Динамика интереса к статистическим методам в почвоведении прослеживается на примере публи-

каций в журнале «Почвоведение». В статье «Математические методы и моделирование в почвоведении» [23] показано, что уже в первых номерах этого журнала, который был основан в 1903 г. П.В. Отоцким, присутствуют статьи, в которых обсуждаются проблемы опробования, методики усреднения при обработке результатов мониторинговых наблюдений за влажностью, способы выяснения взаимосвязей между внешними факторами и почвенными свойствами. В экспериментальном почвоведении свойства почвы начинают рассматривать как случайные величины со всеми вытекающими отсюда последствиями — вычислением выборочных характеристик этих величин, таких как средние, дисперсии, коэффициенты вариации, их ошибок, определением доверительных границ. Можно только восхищаться трудолюбием и тщательностью исследователей, проводивших весьма громоздкие вычисления вручную и в то же время следивших не только за качеством собственных вычислений, но и точностью результатов, публикуемых их коллегами (см., например, дискуссию о вычислении средних значений в [35]).

В России, так же как и в Европе, в начале XX в. осознается, что изменчивость свойств почв в пространстве может являться скрытым фактором, влияющим на урожайность культур в полевых опытах. Как отмечает Р. Вебстер в своем обзоре [52], еще в комментарии Стьюдента к статье Мерсер и Холл, в которой исследовалось влияние размеров площадок на учитываемую урожайность, содержалась идея пространственной зависимости урожайных данных — чем ближе друг к другу учетные площадки, тем более близкими оказывались на них урожаи. Близкие представления развивал и А.А. Сапегин [43], предлагая вычислять размер «связанной площади» для поля, рассчитывая корреляции между урожаями учетных площадок в перпендикулярных направлениях. Для исключения влияния почвенной неоднородности на урожайность опытные деланки закладывались с повторениями, что позволяло вычленить действительное влияние удобрений или агротехнических приемов из многообразия получаемых результатов. Долгое время оба направления, имеющие дело с неоднородностью почвенных свойств, существовали параллельно, практически не пересекаясь.

В 20–40-х гг. XX в. происходит накопление информации о пространственной изменчивости. Обработка большого статистического материала о содержании гумуса в черноземах Тульской и Орловской областей позволила С.И. Тюремнову выдвинуть гипотезу о том, что классификационно однородные таксономические единицы должны иметь распределения почвенных свойств, близкие к нормальному [48]. При обследовании территорий в зоне полупустыни были получены экспериментальные данные, обработка которых позволила

провести оценки колебаний отдельных физических свойств [28, 47]. Обширный материал о физико-химических и химических свойствах почв сухих степей был получен И.П. Сердобольским [44].

Применение статистических методов в опытном деле в СССР связано с работами, проводимыми в Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА). Вторая мировая война затруднила распространение идей и приемов обработки данных, однако уже в 1948 г. выходит книга В.Н. Перегудова «Статистические методы обработки данных полевого опыта» [38], которая представляет собой запись лекций, прочитанных для аспирантов и сотрудников в 1945 г. (тираж 5000 экз., ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 296 с). В предисловии к этой книге академика В.С. Немчинова [36], в то время заведующего кафедрой статистики ТСХА, отмечается, что «... излагаемые методы имеют более широкое значение и могут найти применение при обработке всякого экспериментального материала». К сожалению, ссылок на основополагающие работы Р. Фишера в ней нет, но очень подробно описываются приемы обработки данных методами дисперсионного анализа. В 1949 г. состоялась печально известная сессия ВАСХНИЛ, после которой несколько лет статистические методы обработки экспериментальных данных не использовались.

Научное наследие Е.А. Дмитриева

Е.А. Дмитриев поступил на почвенное отделение биолого-почвенного факультета МГУ в 1949 г. Его учителями были С.А. Владыченский, Н.А. Качинский, Г.В. Добровольский — ученые, сумевшие в непростых условиях сохранить и передать ученикам лучшие качества российских ученых. Начало научной деятельности Е.А. Дмитриева совпадает с началом оттепели, когда многое из ранее запрещавшегося стало возможным. Математические методы начинают активно использоваться в разных областях науки, прежде далеких от математики. Появляется ряд переводных работ по прикладной статистике в опытном деле (Д.Д. Финни, 1957; Р. Фишер, 1958; Дж.У. Снедекор, 1961) [49, 50, 46]. Никодим Антонович Качинский, заведующий кафедрой физики и мелиорации почв, предложил Е.А. Дмитриеву после окончания аспирантуры подготовить курс математической статистики для студентов кафедры, которой он заведовал. Через несколько лет этот курс превратился в общефакультетский, а в 1972 г. вышел в свет учебник Е.А. Дмитриева «Математическая статистика в почвоведении», который и в настоящее время является основой преподавания первой стадии обучения статистике для бакалавров факультета почвоведения МГУ.

К сожалению, Е.А. Дмитриев не успел оформить результаты своих научных работ в виде монографий. После его безвременного ухода в 1999 г. его друг и соратник Л.О. Карпачевский представил ос-

новые работы в виде сборника статей [20], которые первоначально были напечатаны в основном в журналах «Почвоведение» и «Вестник МГУ. Серия 17. Почвоведение».

В творчестве Е.А. Дмитриева присутствуют три основные линии: 1) собственно статистические методы; 2) теоретическое осмысление процессов получения знаний о почве и 3) экспериментальное исследование отдельных феноменов пространственной изменчивости почвенных свойств. Можно рассматривать имеющиеся работы как подготовительный материал к большому труду на тему: «Феномен пространственной неоднородности почв и почвенного покрова». Как и во всяком неоконченном произведении, отдельные темы не всегда образуют стройную последовательность — Е.А. Дмитриев возвращался к отдельным вопросам спустя годы, по-новому осмысливая и обсуждая их.

В работах Е.А. Дмитриева позднего периода преобладает философская направленность, однако и статистические мотивы не теряют своей значимости. В действительности эти направления тесно переплетаются, примером чего могут служить его последние работы, посвященные применению иерархического дисперсионного анализа для оценок временных изменений рН и влажности на пахотных почвах [22] и исследованию пространственной организации почвенных свойств под елями [24].

Основные понятия

Статистика в почвоведении — это работа с числами, которые получаются при анализе природных объектов. Для обоснования применимости статистических методов Е.А. Дмитриев адаптирует статистическое понятие «испытания» к применению в условиях почвоведения [13]. По сути, Евгений Анатольевич формулирует на понятийном уровне статистическую модель почвенных данных. Он вводит понятие общих и второстепенных условий эксперимента, причем и общие, и второстепенные условия делятся в свою очередь на условия, характеризующие объект, условия, характеризующие способ опробования, и условия получения конечной цифры — методика. Общие условия должны оставаться неизменными, второстепенные (неучтенные) условия обуславливают изменчивость результатов. Общие условия определяют так называемую физическую генеральную совокупность и соответствующую ей статистическую генеральную совокупность, т.е. множество возможных значений исследуемого показателя. Генеральная совокупность — одно из ключевых понятий в прикладной статистике, показывающее, на какие объекты могут распространяться выводы, получаемые при обработке экспериментального материала. Таким образом, триада *объект — опробование — метод измерения* определяет результаты испытаний.

Экспериментальные работы по оценке влияния параметров испытаний на статистические характеристики

Для суждения об однородности объектов исследования Е.А. Дмитриев активно применял траншейные методы исследования. Обработка исходных данных, по аналогии с работами Ф.И. Козловского [29], проводилась методами теории случайных функций, что позволило обнаружить структурные элементы в пределах одного метра. Так, при исследовании изменчивости морфологических показателей, валовых и подвижных свойств дерново-подзолистой почвы в 20-метровой траншее под лесом была обнаружена взаимосвязь значений на расстояниях 20–50 см. Расчеты автокорреляционных функций для пространственных последовательностей и их спектральный анализ показали существование квазипериодических составляющих в пространственной изменчивости этих свойств с разным периодом на разных фиксированных глубинах Самсонова [12, 41]. Таким образом, для близко расположенных точек опробования значения свойств оказываются зависимыми, что должно учитываться при организации пробоотбора. В более поздней работе В.П. Самсоновой, Ю.Л. Мешалкиной, Е.А. Дмитриева [42], выполненной на пахотных дерново-подзолистых почвах при помощи площадного опробования и вариограммного анализа, взаимозависимость была установлена для содержания гумуса, рН, подвижных фосфора и калия. Радиусы корреляции в этом случае варьировали от 15 до 70 м.

Для обоснованного применения статистических методов объект исследования должен быть статистически однородным. Только в этом случае результаты будут соответствовать модели случайной величины. Хотя утверждение об этом можно найти во многих источниках, на самом деле понятие неопределенно, расплывчато, неоднозначно. В работе 1978 г. [26]. Е.А. Дмитриев проводит анализ этого понятия. Статья начинается с яркой фразы, точно описывающей суть явления: «Существует немало явлений, обычно широко распространенных, постоянное столкновение с которыми постепенно создает иллюзию их знания».

Однородность и неоднородность почвенных объектов — два взаимосвязанных понятия. Евгений Анатольевич проводит разделение неоднородности (однородности) как события, когда два или более объектов различаются согласно некоторым принятым критериям и неоднородности как свойства, характеризующего весь объект в целом, тоже согласно некоторым критериям. В качестве критериев может быть константность значений, локализация значений в некотором диапазоне, нормальность статистического распределения и др. Один из важных моментов — признание объекта однородным или неоднородным всегда относительно, зависит от принятых критериев.

Выяснить, можно ли считать почвенный объект однородным или неоднородным, не вступая с ним во взаимодействие, т.е. не определяя те или иные характеристики в некотором конкретном пространстве усреднения в пределах этого объекта, невозможно. При этом вводятся понятия «элемент опробования» — пространство, в пределах которого происходит усреднение, и «элемент неоднородности» — часть объекта, топологически компактное образование, внутри которого изменчивость меньше, чем между другими частями объекта. Тем самым модель почвенного объекта естественным образом соприкасается с концепцией иерархических уровней однородности-неоднородности почв и почвенного покрова.

Практически все задачи почвоведения призваны ответить на вопросы: можно ли считать два (несколько) объекта однородными или они различаются? Различаются ли свойства двух почвенных горизонтов? Различаются ли почвы на разных элементах рельефа? Различаются ли почвы, испытывающие разные антропогенные нагрузки? и т.п.

Большой цикл экспериментальных работ Евгения Анатольевича и его сотрудников посвящен оценке влияния параметров испытаний на результаты анализов почв. Под его руководством была проведена серия экспериментов по оценке влияния размеров проб и их формы на результаты определения разных физических, физико-химических и химических показателей. Обнаружено, например, что статистические параметры водопроницаемости почвы существенно зависят от метода определения [18]. Метод трубок завышает средние значения, увеличивает стандартные отклонения, увеличивает коэффициент асимметрии (табл. 1).

Таблица 1

**Статистические характеристики водопроницаемости
(дерново-подзолистая почва, глубина 5 см)**

Метод	Площадь, см ²	Повторность	Среднее, мм/мин	СКО, мм/мин	Коэффициент асимметрии
Трубки	20	103	12,3	15,9	+2,51
Рамы малые	625	33	6,6	5,5	+0,76
Рамы большие	2500	30	4,0	3,1	+1,94

Примечание. СКО — среднеквадратическое отклонение.

В эксперименте на дерново-подзолистых почвах под лесом было показано, что при постоянстве размеров объекта разные объемы проб могут значимо влиять как на средние значения, так и на дисперсии химических свойств почвы [41]. Для свойств, не зависящих от наличия дискретных новообразований, средние практически не меняются при увеличении размера пробы (обменные Ca^{+2} , Mg^{+2}), а для свойств,

зависящих от наличия дискретных новообразований (подвижные FeO, MnO), этот эффект выражен сильно, особенно для MnO. Среднее значение уменьшается почти в 2 раза (табл. 2).

Таблица 2

Статистические характеристики свойств дерново-подзолистой почвы, определенные при объеме образцов 10 см³ (I) и 100 см³ (II). Повторность n = 20

Параметры	Ca, смоль(экв)/кг		Mg, смоль(экв)/кг		FeO, мг/кг		MnO, мг/кг	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Среднее	4,74	4,92	1,87	2,47	5200	4040	400	233
СКО	2,52	1,28	1,18	1,35	2380	499	232	118
Коэффициент вариации, %	53	26	64	54	40	12	57	50
F-критерий		3,88		0,76		22,75		3,87

Примечание. Выделены величины F, значимые при $\alpha < 0,05$.

Значимо уменьшаются дисперсии, что диагностируется по величине F-критерия. Иногда их изменение намного превышает ожидаемое, как, например, для подвижного железа (23 вместо 10 раз, если бы уменьшение дисперсии объяснялось только усреднением в большем объеме), что показывает присутствие еще одного уровня неоднородности. А для такого показателя, как обменный магний, дисперсии не меняются, что может быть связано с большими ошибками определений. Аналогичная ситуация наблюдается и при определении плотности пробами разного размера, как показано в диссертационной работе Р.А. Сибуль [45].

Изменение размеров проб сказывается и на оценках степени взаимосвязей между свойствами. Так, установлено, что при измерении объема образцов от 1 до 16 см³ коэффициент корреляции между содержанием Fe²⁺ и Fe³⁺ в дерново-подзолистой глееватой почве изменяется от -0,79 до +0,79 [2]. Такая ситуация возможна только в том случае, если вариация свойств является взаимозависимой и малые пробы охватывают локальные зоны окисления-раскисления. а увеличение проб приводит к усреднению их и выходу на новый уровень изменчивости. Рассматриваемая ситуация является ярким примером наложения схемы опробования на естественную пространственную организацию почвы.

Влияние физического усреднения на определяемые значения физико-химических свойств продемонстрировано в работе [34]. Показана неаддитивность таких показателей, как pH, гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, сумма обменных катионов, содержание марганца в вытяжке 1Н H₂SO₄, отношения C/N, C_{ГК}/C_{ФК}, Fe/Mn и некоторых других. Так, например, физическое

усреднение (смешанные пробы) приводит к смещению величин pH в сторону больших значений, причем этот эффект проявляется тем более отчетливо, чем более контрастны исходные индивидуальные пробы.

В диссертационной работе М.И. Кондрашкиной [30], выполненной под руководством Е.А. Дмитриева, показано, что в диапазоне размеров от 100 до 250 см³ влияние формы и объема образца на статистические характеристики валового состава как на пахотной, так и на целинной почве не обнаружено. Для таких свойств, как pH, содержание органического вещества, обменного калия и подвижного фосфора, зависимость от размеров и формы обычно оказывается неустойчивой, проявляясь на одних глубинах и отсутствуя на других. Для дискретных составляющих почвенной массы дерново-подзолистой почвы — содержания ортштейнов — также была обнаружена зависимость степени вариабельности от размеров почвенных проб [27].

В 1983 г. группа авторов (Ю.Н. Благовещенский, Е.А. Дмитриев, В.П. Самсонова) [3] предложили использовать так называемое квантильное представление для анализа почвенных данных, распределенных во времени и в пространстве. За последние 40 лет этот метод получил очень широкое распространение как пилотный метод обработки данных и как способ продвинутого анализа почвенных (и не только) данных.

Метрология

Применение статистических методов для обработки результатов экспериментов можно рассматривать как часть метрологии почвенных анализов (точность, доверительные интервалы результатов, необходимое число повторностей анализа, сопоставление результатов отдельных методов и т.п.) [23]. Ранние работы Евгения Анатольевича совместно с А.С. Манучаровым посвящены характеристике метода определения гранулометрического состава [33]. Большая глава, посвященная методам статистической обработки результатов почвенного мониторинга, представлена в монографии Почвенного института [9]. Совместно с учеными Почвенного института Евгений Анатольевич участвовал в метрологической оценке методик, используемых в агрохимическом анализе [5–7], анализе валового состава почв методом рентген-флуоресцентной спектроскопии [4], инфракрасной спектроскопии и т.д. [37].

Обобщая результаты многолетних экспериментов, Е.А. Дмитриев приходит к выводу, что человеческое представление о почвах зависит от того, как получается информация о почвах. В статье «Представление о почвах как функция методов их изучения» [17] он отмечает, что практически любое значение почвенного свойства представляет среднее в пределах того или иного пространства. При этом

результат измерения не может не зависеть от размеров и формы характеризующих объект проб. Поэтому для возможности сопоставления результатов почвенных исследований, проводимых разными исследователями, в разное время и на разных объектах необходимые требования могут выглядеть как:

1. Стандартизации элементов опробования в зависимости от целей эксперимента.
2. Планирование опытов (повторность, система пробоотбора, сохранение системы во времени).
3. Оценка минимального однородного почвенного пространства в пределах объекта (концепция базового тела) и его зависимость от размеров элементов опробования.
4. Использование техник up и down scaling при обработке данных для разных иерархических уровней почвенного покрова, т.е. способов агрегации и дезагрегации информации на разных пространственных уровнях.

В настоящее время эти высказывания кажутся очевидными, однако 30–40 лет назад они были революционными, по крайней мере в среде российских почвоведов. Представить себе, что почвенная характеристика, даже такая, как степень вариабельности, может зависеть от способа опробования, было невозможно. Дискуссия, развернувшаяся на защите докторской диссертации Е.А. Дмитриева, грозила закончиться провалом диссертации. Положение спас Г.В. Добровольский, сумевший вернуть обсуждение в конструктивное русло.

Сейчас видно, насколько идеи Е.А. Дмитриева опередили соответствующий уровень российского почвоведения. Но и сейчас они актуальны. Особенно важным становится это в настоящее время, когда одной из приоритетных задач почвоведения является мониторинг гумусного состояния почвы. Отсутствие стандартизации пробоотбора может свести на нет самые изощренные эксперименты.

Отрасль почвоведения, занимающаяся количественным описанием степени пространственной изменчивости почвенного покрова и моделированием его, в конце 80-х гг. получила название «педометрика», «измерение почвы» [52]. Многочисленные труды Е.А. Дмитриева органично вписываются в круг вопросов, решаемых педометрикой.

Философские и методологические проблемы анализа почв и почвенного покрова

Изначально почвоведение — наука, изучающая размещение качественных категорий (классификационных единиц) в пространстве. При этом общепризнано, что почвенный покров представляет собой иерархическую систему неоднородностей, ключевым объектом которой служит почва. В 80–90-е гг. появляется серия работ Евгения Анатольевича, посвященная проблеме пространственной неоднородности почв и почвенного покрова. Здесь рассматриваются понятия однородности-неодно-

родности [17–21], анализируются иерархические уровни неоднородности почв и почвенного покрова, обсуждаются следствия выделения тех или иных уровней неоднородности, показываются интерпретационные преимущества учета пространственной неоднородности в теоретических и практических исследованиях.

Почвенные горизонты

Обычной практикой почвоведов при описании почвы является выделение почвенных горизонтов. Эта процедура происходит на качественном уровне, при этом подразумевается, что почвенный горизонт — в некотором смысле однородный почвенный слой. В 1983 г. Е.А. Дмитриев ставит вопрос: «Что такое почвенный горизонт?» [15]. Однако критерии однородности, как правило, экспертно-визуальные. Подразумевается, что все свойства скачком меняются на границах. На основании того, что для решения вопроса об однородности-неоднородности могут быть и другие, помимо визуальных, критерии, Евгений Анатольевич констатирует, что в этом случае могут быть выделены горизонты, не совпадающие с привычными. Во всяком случае, не стоит ожидать одновременного изменения всех почвенных показателей на их границах.

Если почвенный горизонт обладает большой мощностью, то его выделение не представляет труда. Однако иногда как горизонт может выделяться и узкая прослойка, резко отличающаяся от вмещающего материала, например, тонкий оподзоленный слой. Другой случай — пятна материала, резко отличающиеся от вмещающей толщи, например, пятна оподзоливания. Отмечая, что в этом случае не существует формализованного правила, Е.А. Дмитриев предлагает подход, основанный на размерах пятен, их расположении друг относительно друга и глубине, на которой они выделяются. Использование такой методики минимизирует возможное предвзятое мнение исследователя и дает инструмент для сравнения результатов различных исследований.

Почва как иерархический уровень неоднородности

Анализу пространственной изменчивости отдельных почвенных свойств в разных почвенных зонах посвящены многие работы Е.А. Дмитриева и его учеников. Приемы выделения границ между отдельными почвами, применение различных способов обработки данных — от простой графической визуализации до многомерных статистических методов, поиск причин формирования в некотором смысле однородных участков с латеральными размерами, не превышающими десятка метров в почвенном покрове в разных почвенных зонах, — вот проблематика этих исследований [1, 8, 29, 32, 39].

Непрерывность почвенного покрова и необходимость выделять в нем дискреты — почвы —

всегда создает трудности для почвоведов. Вопрос о том, где кончается почва и начинается почвенный покров, всегда мучил почвоведов. Е.А. Дмитриев несколько раз в течение своей научной деятельности возвращается к этому вопросу, рассматривая его с разных сторон [11, 14]. Наиболее остро вопросы классификации почв поставлены в работе [18].

В начале статьи Е.А. Дмитриев не без сарказма замечает, что «В отечественном почвоведении традиционно придается большое внимание классификации почв и столь же традиционно полностью обходится вниманием основной для классификации вопрос — что классифицируется».

Интуитивное понимание объекта классификаций позволяет разрабатывать классификации, проводить диагностику новых объектов, о чем свидетельствует теоретическая и прикладная работа многих почвоведов, однако при этом возникают многочисленные неясности, неопределенности и просто неверные выводы. Все это связано с трудностью определения содержания термина «почва». Действительно, можно под почвой понимать сечение непрерывного почвенного покрова плоскостью почвенного разреза, однако этого явно недостаточно, поскольку почвенный покров — трехмерное тело, почва как единица измерения в этом почвенном покрове также должна быть трехмерной. Сразу же возникает множество проблем, например, как одну почву отграничить от другой, каковы вертикальные и латеральные размеры почвы и т.п. По мнению Е.А. Дмитриева, «природа не дает нам критериев возможных размеров физических профилей. Эти размеры могут быть только результатом договоренности» [18].

Наиболее полно и последовательно разработка проблемы объекта почвенных классификаций была осуществлена в процессе создания классификации почв США (Soil Taxonomy, 1975) [51]. В этой системе объектом почвенной классификации является полипедон, представляющий собой группу смежных педонов, размеры которых в зависимости от особенностей почвы лежат в диапазоне от 1 до 10 м². Считается, что это наименьший объем почвы, обладающий всеми свойствами почвы. Аналогичный подход развивал Б.Г. Розанов [40]. Однако при характеристике таксономических единиц почв разного уровня нигде не упоминаются ни размеры и формы полипедонов, ни характер их границ, так что в этом случае объект почвенной классификации остается некоей неопределенной конструкцией.

Анализируя попытки использовать в качестве объекта почвенной классификации педон (полипедон), Евгений Анатольевич переходит к выводу, что с теоретической точки зрения это неоправданно и практически малоприспособлено, поскольку никто не определил, что же такое «все» свойства почвы, насколько выделение педона на разных глубинах совпадает и т.п. Е.А. Дмитриев предлагает в качестве

объекта почвенной классификации использовать единичную почву, определяя ее как вертикальную призму с горизонтальным сечением квадратной формы и площадью 10×10 см. При этом единичная почва — это искусственное образование, однако преимущества, которые дает такой подход, перекрывают недостатки, возникающие от приверженности к «естественной» почве.

Возможно, что на этом пути могут быть решены многие вопросы численной классификации. Однако нерешенным остается вопрос допустимого сходства смежных почвенных профилей и разработки проведения границ между почвами в случае, когда контрастность почвенной массы обнаруживается визуально на малых расстояниях.

Роль почвенной неоднородности в функционировании БГЦ

Е.А. Дмитриев рассматривал неоднородность почв и почвенного покрова как необходимое условие существования этого природного объекта. Функционирование биогеоценоза, как естественного, так и антропогенного, невозможно в условиях полного равенства почвенных условий. Постоянное нарушение, постоянное обновление — вот жизнь почвенного покрова. Без постоянных нарушений система умирает.

Антропогенная неоднородность, в первую очередь сельскохозяйственная, в отличие от естественной, может быть как полезной, так и вредной [12]. Неоднородность внесения удобрений и гербицидов, огрехи обработок могут приводить к появлению новых почвенных участков, свойства которых и благоприятны, и неблагоприятны для растений. Для сельскохозяйственных территорий Е.А. Дмитриев в противоположность элементу опробования вводит понятие базового элемента опробования, т.е. элемента опробования, усредняющего свойства в пределах корневой системы сельскохозяйственных растений. Хотя он отмечает, что это понятие требует дальнейшей проработки.

Пространственная неоднородность почвенных режимов

В работе [19] Е.А. Дмитриев обсуждает, насколько выражено влияние неоднородности почв и почвенного покрова на жизнь почвенных животных, микроорганизмов и т.п. Один из возможных аспектов влияния — почвенные режимы. Традиционные исследования режимов почвы учитывают пространственную неоднородность почв и почвенного покрова таким образом, чтобы значения изучаемого показателя при параллельных определениях были бы максимально близкими. Результаты усредняются, а сильно «отскакивающие» отбрасываются. В качестве оправдания этого приводятся ссылки на то, что распределения результатов должны быть нормальными. Однако движение влаги в почве, на-

пример, не происходит сплошным фронтом, часто сильно промоченная масса может соседствовать с сухими участками. Классификации водных режимов разработаны для тел с достаточной протяженностью. При рассмотрении разных иерархических уровней организации почв и почвенного покрова становится очевидным, что отдельные элементы неоднородности могут иметь разные режимы. Е.А. Дмитриев приводит пример, что в дерново-подзолистых почвах под лесом в фильтрации влаги задействовано лишь 30–50% общего объема почвы. Остальной объем не принимает участия, а это не может не влиять на процессы жизнедеятельности живой фазы, размещения корней, жизненной архитектуры и т.п. Именно неодинаковость режимов на уровне горизонтов, морфонов и более низких уровней является благоприятным условием жизни почвенной биоты. Однако в направлении исследования этих феноменов, как он отмечал в 1996 г., еще делаются первые шаги.

Экспериментальное почвоведение

Е.А. Дмитриев был не только ученым, но и МАСТЕРОМ в самом высоком смысле этого слова. Возникающие проблемы опробования, фиксации неоднородностей он виртуозно решал при помощи им же разрабатываемых или адаптируемых приборов. Так, например, известный полевой почвенный пантограф, при помощи которого были зарисованы многие почвенные траншеи, заложенные на разных почвах, представляет собой адаптированный детский пантограф [16]. Для изучения ветровальных комплексов ученый разработал методику взаимно перпендикулярных траншей [1].

Для изучения путей миграции влаги в почве Е.А. Дмитриев предложил так называемый метод «крахмальной метки», суть которого заключалась в использовании растворимого крахмала вместо воды при определении водопроницаемости почвы методом трубок или малых заливаемых площадей. Через некоторое время после просачивания влаги по диаметру заливаемой площадки закладывался разрез. Срез почвы опрыскивался йодной водой, которая, давая цветную реакцию с крахмалом, позволяла оценивать причудливые пути миграции влаги через почвенное пространство [11].

Е.А. Дмитриев проводил эксперименты для визуализации распределения двух- и трехвалентного подвижного железа в профиле почвы [10].

Для исследования вертикального изменения отдельных почвенных свойств, плотности почвы был сконструирован прибор, позволяющий получать срезы почвы толщиной 1 см и фиксированного объема [25]. Определение в таких срезах содержания обменных катионов, а также подвижных железа и марганца позволило наглядно продемонстрировать наличие разных слоев, не совпадающих с генетическими горизонтами.

Заключение

В небольшой работе трудно охватить все области почвоведения, в которых Е.А. Дмитриев оставил свой след. Однако наиболее актуальными к настоящему времени могут считаться работы «Представление о почвах как функция методов их изучения» [17], «Экологические аспекты почвенных режимов» [19], «Что классифицирует классификация почв?» [18]. Так, можно считать, что один из трендов современного почвоведения — цифровое почвенное картографирование. Однако совпадение традиционных и цифровых карт пока в самом лучшем случае не превышает 50–70%. Казалось бы, неплохое совпадение, но практически это означает, что в 50–30% случаев классификация не срабатывает, т.е. половина или треть территории попадает в несовпадающие классы. Непонятно, как с этим быть. Почему это происходит? Одна из возможных причин — учитываются разные характеристики. Поскольку классические карты экспертны, мнение эксперта трудно формализуемо, оно очень сильно зависит как от его восприятия объекта, так и от той школы, где он получил первоначальные представления об объекте. Так, например, при картографировании дерново-подзолистых почв под лесом никто не видел ветровалов, пока они не были представлены научному сообществу. Это изменило взгляд на формирование почвенного покрова, хотя смена парадигмы к настоящему времени еще не завершилась. Поиск соответствий может дать как новые классификации, так и новые способы цифрового картографирования.

Возможно, взгляд на почву как на особый элемент опробования также может привести к новой теории. И, вне всякого сомнения, иерархичность классификаций почвенных режимов заслуживает самого пристального внимания.

Информация о финансировании работы

Работа выполнена в рамках темы «Разработка и оценка комплекса инновационных агрохимических средств, мелиорантов и регуляторов роста в условиях агро-, техногенеза и городской среды» (номер ЦИТИС: 121041300098-7).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басевич В.Ф., Дмитриев Е.А. Влияние вывалов деревьев на почвенный покров // Почвоведение. 1979. № 9.
2. Биндюков В.Г., Дмитриев Е.А. Содержание подвижных форм соединений железа в образцах почвы малого объема // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1984. № 2.
3. Благовещенский Ю.Н., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П. Метод квантилей в исследовании изменчивости свойств почв // Почвоведение. 1983. № 2.
4. Большаков В.А., Дмитриев Е.А., Жевелева Е.М. и др. Воспроизводимость энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного метода анализа в связи с изучением валового состава почв // Биологические науки. 1979. № 10.
5. Большаков В.А., Дмитриев Е.А., Иванов Д.Н. и др. О точности почвенных и агрохимических исследований // Почвоведение. 1973. № 8.
6. Большаков В.А., Дмитриев Е.А., Рожков В.А. и др. Метрологическая оценка методик, используемых в почвенно-агрохимическом анализе: Инструкция. М., 1984.
7. Большаков В.А., Дмитриев Е.А., Рожков В.А. и др. Внутрелабораторный контроль воспроизводимости результатов анализа почвенно-агрохимических объектов: Методические рекомендации. М., 1984.
8. Гребенников А.М. Анализ границ перехода между почвами в комплексном покрове сухой степи: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1976.
9. Дмитриев Е.А. Использование статистических методов при проведении режимных наблюдений // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М., 1976.
10. Дмитриев Е.А. К изучению пространственного распределения некоторых подвижных соединений в профиле почвы // Почвоведение. 1971. № 7.
11. Дмитриев Е.А. К методике полевого изучения путей передвижения в почве жидкой влаги // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1971. № 5.
12. Дмитриев Е.А. К проблеме неоднородности почв и почвенного покрова // Доклады Высшей школы. Биологические науки. 1988. № 12.
13. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М., 1972.
14. Дмитриев Е.А. Непрерывность почвы и проблема объекта почвенных классификаций // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1983. № 3.
15. Дмитриев Е.А. О почвенных горизонтах // Почвоведение. 1983. № 7.
16. Дмитриев Е.А. Полевой почвенный пантограф // Почвоведение. 1977. № 9.
17. Дмитриев Е.А. Представление о почвах как функция методов их изучения // Почвоведение. 1999. № 1.
18. Дмитриев Е.А. Что классифицирует классификация почв? (К дискуссии по классификации почв) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1991. № 2.
19. Дмитриев Е.А. Экологические аспекты почвенных режимов // Почвоведение. 1996. № 5.
20. Дмитриев Е.А. Теоретические и методологические проблемы почвоведения. М., 2001.
21. Дмитриев Е.А., Манучаров А.С. К объяснению причин асимметрии в распределении водопроницаемостей // Почвоведение. 1968. № 7.
22. Дмитриев Е.А., Николаенко А.В. Пространственно-временная неоднородность почв и погрешности экстраполяционных оценок средних значений влажности и pH // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 1996. № 4.
23. Дмитриев Е.А., Пачепский Я.А. Математические методы и моделирование в почвоведении // Почвоведение. 1989. № 10.
24. Дмитриев Е.А., Рекубретский И.В., Горелова Ю.В. и др. К организации почвенного покрова под

елями. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. М., 1999.

25. *Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.* Об определении объемного веса в тонких слоях почвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Биология, почвоведение. 1973. № 1.

26. *Дмитриев Е.А., Самсонова В.П.* Пространственная изменчивость некоторых свойств в профиле дерново-подзолистой почвы под лесом // Структура почвенного покрова и использование почвенных ресурсов. М., 1978.

27. *Жевелева Е.М.* Особенности пространственного варьирования содержания, состава и свойств ортштейнов в дерново-подзолистых почвах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1987.

28. *Качинский Н.А.* Влияние формы и величины заливаемых площадок на водопроницаемость почв // Почвоведение. 1936. № 1.

29. *Козловский Ф.И.* Почвенный индивидуум и методы его определения // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. М., 1970.

30. *Кондрашкина М.И.* Влияние размера и формы образца на информацию о почвенном объекте: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1991.

31. *Костычев П.А.* Почвы черноземной области России: Их происхождение, состав и свойства [1886] / [Предисл. проф. В.Н. Столетова и доц. С.П. Яркова]. М., 1949.

32. *Курганова И.Н.* Лиманные солоды как компонент почвенного покрова в условиях полупустыни (на примере Джанибекского стационара АН СССР): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1986.

33. *Манучаров А.С., Дмитриев Е.А.* О точности механического анализа почв методом пипетки // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Биология, почвоведение. 1967. № 4.

34. *Миколаевская Е.Л.* Усреднение значений pH в почвенных образцах // Научные доклады высшей школы. Биологические науки. 1990. № 7.

35. *Некрасов П.А.* Изучение пестроты скажности, влажности и содержания нитратов в почве по способу наименьших квадратов // Сообщение I и II. Научно-агрономический журнал. 1928. № 4.

36. *Немчинов В.С.* Предисловие // Перегудов В.Н. Статистические методы обработки данных полевого опыта. М., 1948.

37. *Осипова Н.Н., Дмитриев Е.А., Орлов Д.С.* Об ошибках метода инфракрасной спектроскопии при исследовании твердых фаз почвы // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 6. Биология, почвоведение. 1976. № 6.

38. *Перегудов В.Н.* Статистические методы обработки данных полевого опыта / [Предисл. акад. В.С. Немчинова]. М., 1948.

39. *Пономаренко Е.В.* Структура неоднородности микропространств почвенного покрова и особенности ее формирования: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1988.

40. *Розанов Б.Г.* Морфология почв. М., 1983.

41. *Самсонова В.П.* Пространственное варьирование свойств дерново-подзолистых почв и статистические методы его изучения: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1976.

42. *Самсонова В.П., Мешалкина Ю.Л., Дмитриев Е.А.* Структура пространственной вариабельности агрохимических свойств пахотной дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. 1999. № 11.

43. *Сапегин А.А.* Определение точности полевого опыта с помощью элементов вариационной статистики // Изв. губ. управления опытным делом Одесской и Николаевской губерний. Одесса, 1921. Вып. 1.

44. *Сердобольский И.П.* Варьирование химических свойств компонентов почв солонцового комплекса // Тр. Комиссии по ирригации АН СССР. 1937. Вып. 9.

45. *Сибуль Р.А.* Особенности пространственного варьирования некоторых физических свойств дерново-подзолистой почвы в лесном биогеоценозе.

46. *Снедекор Дж.У.* Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. М., 1961.

47. *Соколов С.И.* К вопросу о методике обработки данных полевых почвенных исследований // Бюллетень почвовед. 1929. Т. 2–4.

48. *Тюремнов С.И.* Северная граница чернозема в центральной части Европейской СССР // Почвоведение. 1925. № 1–2.

49. *Финни Д.Д.* Применение статистики в опытном деле. М., 1957.

50. *Фишер Р.* Статистические методы для исследователей. М., 1957.

51. *Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpretations soil surveys / Soil Survey Staff.* [Washington, DC], 1975.

52. *Webster R.* The development of pedometrics // Geoderma. 1994. Vol. 62.

Поступила в редакцию 15.01.2022

После доработки 22.02.2022

Принята к публикации 09.03.2022

SCIENTIFIC HERITAGE OF THE HONORARY PROFESSOR E.A. DMITRIE

V. P. Samsonova

The article is a review of the scientific issues addressed by the Honorary Professor of the Lomonosov Moscow State University Evgeny Anatolyevich Dmitriev. The main area of his scientific interests was the origin of soil and land cover data. Numerous works carried out under his supervision convincingly demonstrated the influence of sampling methods on the results of determining certain soil properties. As a consequence, this influence also extended to the final conclusions, which could be highly distorted if the method in use has been ignored. In an attempt to solve the question "What classifies soil classification?", he developed the concept of an "individual soil", which could be the object of soil classifications: not a soil body, but a kind of standard element of sampling. Theoretical understanding of the influence of heterogeneity of soils and soil cover at all hierarchical levels on the features of its "life" is the subject of the second part of the scientific legacy of E.A. Dmitriev. He developed the concept of soil bodies of different dimensions, showed the influence of the dimensional characteristics of these bodies on soil regimes and, in particular, on the water regime, and discussed the need for studying soil regimes at different hierarchical levels. To assess the heterogeneity of soil and soil cover, he constructed special devices to carry out studies on soddy-podzolic, gray forest, chestnut, and other soils.

Key words: spatial heterogeneity of soils and soil cover, statistical methods, soil classification.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Самсонова Вера Петровна, докт. биол. наук, доцент каф. общего земледелия и агроэкологии
ф-та почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: vkbun@mail.ru