

## ЛИТЕРАТУРА

1. Веретенников Г. М., Колмогоров В. П. Оценка влияния каскада водохранилищ на годовой сток реки Ишим // Тр. ГГИ. Вып. 315. 1986. С. 41–47.
2. Нежиховский Р. А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 230 с.
3. Парфенова Г. К. Методические основы оценки антропогенного воздействия на водные ресурсы. Томск, 1993. 171 с.
4. Шикломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек. Л.: Гидрометеоздат, 1979. 302 с.
5. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 6. Вып. 4–6, 8, 9. 1967.
6. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. Вып. 11. 1998.

*Елена Дмитриевна ТАБАНАКОВА –  
сотрудник Института физико-химических  
и биологических проблем почвоведения РАН,  
г. Пущино*

УДК 631.4

## **К ВОПРОСУ О ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ И СПОСОБАХ ЕЕ ОЦЕНКИ**

*АННОТАЦИЯ. В данной работе рассматривается способ количественной оценки сходства и различия почвенных объектов по величине отклонений от среднего. Пространственное варьирование или временную изменчивость почвенных свойств предложено считать достоверно существующими, если отклонения превышают допустимые, полученные для однородной совокупности.*

*The evaluative quantitative method of soil compared and graded in their differences is suggested. The method is based on the deviation from average quantity. The location and time variety is supposed to be justified, when deviations exceed the admitted ones that are characteristic of the homogeneous collection.*

Вариабельность количественно измеряемых почвенных параметров с учетом расстояния между объектами (лага) оценивается методами геостатистики, в частности, с помощью полувариограмм [1]. В том случае, если почвы территории различаются по одному или нескольким параметрам, вычисления вариабельности параметра используются при оценке почвенного разнообразия [2]. Вопрос о том, что относить за счет «пространственного варьирования» или «временной изменчивости» разновозрастных почв, которые мы имеем возможность изучать лишь в единичных разрезах или, в лучшем случае, в единичных траншеях, остается одним из наиболее дискуссионных в палеопочвоведении [3]. Вопросу о пространственной неоднородности современных, а в особенности древних почв посвящали работы немногие авторы [4, 5]. В работе [6] показана возможность разделения пространственного и временного варьирования с целью выявления тренда временных изменений для совокупности объектов, рассеянных по большой территории. Тесно связана с представлением о неоднородности почвенных объектов проблема влияния на результат исследования примененной субъектом системы опробования [7].

Объектом нашего исследования послужили древние черноземные почвы лесостепного Притоболья. Выборку почв можно считать случайной, т. к. почвенные разрезы делались на курганах, раскопанных к данному моменту в произвольных частях могильника Чистолебяжье и уже позднее датированных одной археологической культурой. Три подкурганые почвы (4000–3800 л. н.) и фоновая сходны по литологии, формировались на однородном слабокарбонатном ( $0,2-0,7\% \text{CaCO}_3$ ) лессовидном суглинке, который с глубины 70–80 см подстилается равномерно вскипающим (2,23%) светло-коричневым легким суглинком (ВС) с чуть меньшим содержанием фракции мелкого песка (на 5–10%). ГВ не встречены до 2,2 м. Основные морфологические признаки почвенного профиля<sup>1</sup> (мощность, структура, цвет горизонтов) очень близки для трех разрезов, что позволяет без особых усреднений сформировать единый образ древней почвы исследованного участка лесостепи для заданного хроноинтервала (300–400 лет). В скобках приведены конкретные значения мощностей горизонтов и их максимальные отклонения от средней мощности (варьирование мощностей насыпей не относится к природным процессам).

A1 (41–18–32 см), гумусовый горизонт почвы насыпи. Темно-серый светлеющий к низу, интенсивнее прокрашены верхние 20 см. Непрочно крупнокомковатой структуры, легкосуглинистый, с блестками кремнезема. Переход ясный, граница неровная;

В насыпи (31, 18, 20 см). Неоднородный, пестрый, из серых и темно-коричневых пятен (смесь A1 погребенного и в насыпи, перемешанных землероями). Структура крупноореховатая, заметны блестки кремнезема, легкосуглинистый. Переход заметный, граница волнистая;

A1 (20–20–18 см,  $\Delta=7\%$ ) темно-серый неоднородный с темно-коричневыми пятнами (1–3 см), крупно-комковатый, легкосуглинистый. Переход неясный, широкими клиньями и пятнами;

AB (17 см,  $\Delta=0\%$ ), светло-коричневый неоднородный, крупноореховато-глыбистый, легкосуглинистый. Переход неясный, неровный;

B2 (39–43–39 см,  $\Delta=7\%$ ), желто-бурый, глыбистый, легкосуглинистый. Переход резкий, граница извилистая или неровная;

BCca (66–82–73 см – глубина залегания,  $\Delta=11\%$ ), светло-коричневый, бесструктурный или слабо крупноглыбистый, легкосуглинистый.

Таким образом, подкурганые почвы бронзового века – черноземы выщелоченные среднекарбонатные маломощные среднегумусные (реконструированное содержание гумуса 5% [3]) легкосуглинистые иловато-мелкопесчаные сильнонасыщенные.

Наличие полного комплекса химических показателей для трех близко расположенных (порядка нескольких метров) одновозрастных и морфологически сходных древних почв позволило провести более детальное их сравнение. Задача – оценить варьирование почвенных признаков в каждом из генетических горизонтов (A1, AB, B) при  $n=3$ . Горизонт ВС, однотипная материнская порода для всех четырех изученных почв, включая фоновую, был охарактеризован средними величинами при  $n=4$ . Причем небольшая изменчивость глубины залегания вскипающего ВС в каждом из четырех профилей свидетельствует об отсутствии контрастности по микрорельефу на площади могильника и о неизменности глубины вскипания во времени.

Усредняя аналитические данные по горизонтам ( $n=3$  и  $n=4$ ), мы имеем в виду, что именно для такой однородной совокупности почв средние значения имеют преимущества перед конкретными («точечными»), а пространственное варьирование и временную изменчивость почвенных свойств можно считать близкой к нулю. Тогда существующее варьирование свойств будет объясняться двумя факторами:

<sup>1</sup> Полевые исследования и отбор образцов проводились канд. с-х. наук В. Я. Хреновым.

1) условностью физических величин и эталонов сравнения, применяемых в науке для измерения и характеристики почвенных свойств. Ведь мы не всегда представляем себе, из-за чего, например, колеблются в тех или иных пределах концентрации компонентов по горизонтам, отмечая для себя лишь какую-то общую тенденцию и предельные величины. Сюда же отнесем погрешность измерений в отдельно взятых образцах, к тому же условно усредняющих эти свойства для каждого горизонта (в нашем случае одному горизонту соответствовал один образец).

2) внутренней неоднородностью, мозаичностью, присущей любым природным объектам. Это явление нашло отражение в учении о иерархичности почвенных тел и в необходимости сочетать почвенные исследования на уровне педонов разного порядка, педов и морфонов внутри почвенной массы, на уровне элементарных почвенных частиц и на молекулярном уровне.

Поскольку не представляется возможным экспериментально измерить вклад каждого из этих факторов неоднородности, будем иметь в виду, что полученные отклонения от среднего (т. е. выявленные различия между отдельными разрезами, а точнее, отдельными образцами) характеризуют всю сумму колебаний, неизменно проявляющихся при сопоставлении природных объектов.

Вероятно, именно эти колебания, свойственные однородным элементам совокупности, Е. А. Дмитриев [4, 8] называл «фоновой неоднородностью», которую в первом приближении объясняют случайным варьированием, а фактически просто не находят ей объяснения. Не останавливаясь на причинах этого явления (а тем более не утверждая, что оно случайно), мы предлагаем способ количественной оценки всей суммы природных отклонений, чтобы существующий сверх этого разброс величин достоверно относить за счет неоднородности совокупности.

Для составления единого «модельного» профиля древнего чернозема (табл. 1) использовались **среднеарифметические значения** показателей ( $X_{ср.}$ ). За показатель изменчивости отдельных параметров принимался модуль наибольшей разности между одним из значений  $X_i$  и  $X_{ср.}$ , в % от  $X_{ср.}$ , названный **отклонением** ( $\Delta$ ).

$$\Delta_{max} = |X_{ср.} - X_i| * 100 \% / X_{ср.}$$

Используя максимальные из имеющихся отклонений, мы тем самым устанавливаем критерий наибольшей жесткости, рассматривая в качестве достоверных лишь самые очевидные несовпадения. Такая формула подсчета отклонений представляется оптимальной (в силу своей простоты и однозначности интерпретации) для небольших выборок (ориентировочно от 3–10 до 50 сходных почвенных объектов).

Таблица 1

Средние значения (X) и максимальные отклонения от среднего,  $\Delta_{max}$  (в % от X)

горизонт	pH ( $H_2O$ )	компоненты (X) в % от массы				поглощенные катионы, ммоль/100 г				
		гигроск. влага	гумус	CO <sub>2</sub> карб.	сухой остаток	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> обм.
A1 n=3	6,77 3	1,70 30	2,5 4		0,11 10	13,65 22	4,50 20	0,68 26	0,1 76	0,05 0
AB n=3	7,33 7	1,55 11			0,10 20	16,84 36	2,28 88	0,47 47	0,1 100	0,03 67
B n=3	7,26 6	1,35 35			0,10 10	15,30 26	4,00 30	0,36 22	0,2 50	0,02 0
BC n=4	8,94 4	1,45 12		2,2 27	0,10 10	18,44 15	2,85 20	0,27 56	0,1 164	0,02 43

Продолжение таблицы 1

горизонт	усредненные данные мех. анализа, % и отклонения от среднего, $\Delta_{max}$ , %										
	1-0,25		0,25-0,05		0,05-0,01		0,01-0,005		0,005-0,001		< 0,001
(A+B) насыпи	8,47	131	55,70	13	6,46	45	1,89	68	4,50	37	19,89 19
A1 n=3	6,10	35	58,90	4	6,06	7	2,63	22	2,99	9	20,22 11
AB n=3	11,93	46	52,50	6	8,38	12	1,46	63	1,51	58	21,60 10
B n=3	10,30	33	59,10	6	3,26	43	1,16	99	3,41	36	20,25 6
BC n=4	15,03	99	48,60	20	4,46	14	0,96	97	3,47	67	19,34 25

Относительные величины отклонений позволили сделать следующие заключения о степени изменчивости отдельных параметров.

1. Три подкуранные почвы особенно близки по мощностям отдельных генетических горизонтов ( $\Delta=0-7\%$ ), содержанию гумуса в А1 ( $\Delta=4\%$ ), значениям рН ( $\Delta=3-7\%$ ) и глубине залегания вскипающего ВС ( $\Delta=11\%$ ).

2. Незначительно варьируют по трем разрезам значения гигроскопической влажности ( $\Delta=10-35\%$ ), обменных кальция ( $\Delta=15-35\%$ ) и магния ( $\Delta=20-30\%$ ), сухого остатка ( $\Delta=10-20\%$ ), содержания карбонатов в ВС ( $\Delta=27\%$ ). Сильный разброс значений обменного магния наблюдался только в одном горизонте (в АВ  $\Delta=88\%$ ); это можно отнести за счет дефектности образца № 4.

3. Стабильно большие отклонения от среднего величин гидролитической кислотности ( $\Delta=22-56\%$ ) во всех генетических горизонтах свидетельствуют о чувствительности метода к внутрипрофильным колебаниям содержания  $N_{\text{гидролитического}}$  в разрезах. Тем не менее, общая тенденция к снижению гидролитической кислотности сверху вниз хорошо видна как по точечным, так и по средним величинам.

4. Выделяется группа «недостоверно изменчивых», «аналитически изменчивых» почвенных признаков. Сюда относятся значения обменных водорода и натрия, для которых отклонения от среднего могут быть как малы, так и очень велики ( $\Delta = 0-164\%$ ), и разброс значений для одного горизонта превышает сами значения. Это не связано с варьированием собственно почвенных свойств, а объясняется низкими абсолютными содержаниями определяемых веществ и большой ошибкой измерений вблизи порога чувствительности прибора.

В четвертую группу признаков могут попасть любые компоненты почвенной массы, концентрации которых невелики в исследуемых объектах или же измеряются слишком грубыми методами. Так и в нашем случае гипотетически можно было бы получить достоверно варьирующие значения обменного натрия, если определять его микроконцентрации. Как правило, взаимообусловленными являются чувствительность метода измерений и диапазон концентраций компонента, значимый для исследователя. Этим объясняется, например, пренебрежение качественным составом ионов водной вытяжки, если величина сухого остатка много меньше  $0,3\%$ . Редко когда применяются дополнительные методы, дублирующие определение одного и того же компонента, но на уровне микроконцентраций. В связи с этим компоненты, подобные обменным водороду и натрию, попадут в группу достоверно изменчивых параметров, когда в почвах будут иметь место процессы оподзоливания, осолодения, осолонцевания и т.п.

5. Довольно большая изменчивость значений гранулометрического состава по фракциям и по горизонтам заставляет расширить для этого анализа рамки допустимых отклонений ( $\Delta \leq 65\%$ ) на основании того, что основная масса отклонений лежит в интервале  $4-65\%$ .

Наиболее сравнимыми по разрезам оказались фракции мелкого песка и ила (т.к. они являются преобладающими, с высокими абсолютными значениями), а также крупной и мелкой пыли. Невысокое отклонение ( $\Delta=4-20\%$ ) для фракции мелкого песка, определяемой расчетным путем, может говорить в пользу качества анализа в целом. В противном случае все ошибки проявились бы именно в ее большом варьировании.

Большое варьирование самой крупной фракции мелкозема ( $\Delta=33-131\%$ ) во всех горизонтах и при достаточных абсолютных количествах объясняется чувствительностью фракции крупного песка к изменению скорости водных потоков (к тому же эта фракция определяется более грубым способом просеивания). Поэтому отклонения между объектами сравнения по этому показателю не будут иметь отношение к варьированию типодиагностических почвенных свойств, но выявят ту или иную степень природной изменчивости пород по простиранию. О генезисе поч-

вообразующих пород традиционно судят исходя из общего соотношения различных фракций (%), которое, как правило, незначительно меняется по профилю.

6. Недостоверны абсолютные значения фракции средней пыли, т. к. значимыми являются не ее изменения по профилю, а лишь ничтожные количества в данных почвах.

7. Средние значения фракций механического состава для материала насыпей (посчитаны для обоих горизонтов насыпи А1 и В трех курганов,  $n = 6$ ) позволяют сделать заключение, что они являются смесью верхних горизонтов древних почв до глубины 40 см, с большей долей материала из горизонта А1.

Таким образом, все используемые нами параметры почвенных свойств разделены на две категории: **достоверно изменчивые** (п. 1, 2, 3, 5), фиксирующие, в основном, природное варьирование (а в нашем случае – его отсутствие внутри однородной группы объектов) и **недостоверно изменчивые** (п. 4 и 6), для которых доля аналитических погрешностей в суммарных отклонениях много больше доли природной неоднородности.

8. Отмечено, что и сами генетические горизонты различаются по степени варьирования показателей. Природная неоднородность осадочных пород по гранулометрическому составу вызывает наибольшие отклонения гранулометрических фракций (песок, мелкая и средняя пыль) в горизонте ВС, мало затронутым процессами почвенного выветривания. По содержанию других компонентов (карбонатов, обменных катионов, гигроскопической влаги) эта нижняя часть профиля вполне «достоверна», т. к. качественно одинаково преобразована почвообразованием. Во всех остальных случаях наименьшая изменчивость параметров характерна для однородных по строению почвенной массы горизонтов А1 и ВС. В них, по-видимому, оказывается сведенной к минимуму погрешность «отбора образцов». Наибольшей «индивидуальностью» в каждом разрезе отличается средняя часть профиля (горизонты АВ и В).

По результатам сравнения трех аналогичных во времени и пространстве почв, имеющих очень близкие морфологические признаки, мы принимаем величины отклонений ( $\Delta$ , %), выясненные для **достоверно изменчивых** параметров, за «**допустимые**» или **недиагностические** ( $\Delta \leq 65\%$  для механического состава и  $\Delta \leq 35\%$  для остальных показателей). Это означает, что обнаружив подобное варьирование в похожих (и принадлежащих одному типу) почвах, более отдаленных в пространстве или во времени, мы вправе говорить об их качественной идентичности, однородности (насколько это возможно в природе). А отличие двух объектов на большую величину будет указывать на присутствие «пространственного варьирования» или «временной изменчивости» почвенных свойств соответственно.

Таким способом можно решить вопрос о выборе критерия неоднородности. По мнению Е. А. Дмитриева [4], причисление объекта к неоднородным имеет условный, **относительный** характер как в связи с относительностью выбранного критерия неоднородности, так и в силу особенностей элементов опробования. Последний из этих вопросов Е. А. Дмитриев подробно рассматривал [4, 9].

В нашем случае погрешность отбора образцов наиболее сильно проявляется в высоких отклонениях по показателям для срединных горизонтов АВ и В. Их «индивидуальность», неоднородность в черноземах объясняется переходным характером от гумусовой толщи к породе. В других типах почв срединный иллювиальный горизонт может быть не менее типичен, чем А1 в черноземах и также характеризоваться целостностью и однородностью. Сопоставление объектов по переходным, недиагностическим для данного типа почв горизонтам во многих случаях покажет завышенное варьирование. Целесообразно судить об изменчивости каждого параметра именно по тому горизонту, в котором он является типическим признаком или преобладающим компонентом (в нашем примере это количество гумуса в А1 или  $\text{CO}_2$  карбонатов в подстилающем суглинке).

Использовавшийся нами набор горизонтов опробования и показателей почвенных свойств для сравнения черноземов северной лесостепи может измениться при сопоставлении иных объектов.

Пример 1. Для сравнения с рассмотренными почвами (1) группы почв (2) этого же могильника, но другого хроноинтервала (при условии морфологического подобия почв внутри группы 2), необходимо вычислить среднее внутри новой совокупности по тем же генетическим горизонтам, а затем сопоставить средние двух групп ( $X_{\text{ср. 1}}$  и  $X_{\text{ср. 2}}$ ) и проанализировать полученные отклонения от общего среднего ( $X_{\text{общ. ср.}}$ ):

$$\Delta_{\text{max}} = |X_{\text{общ. ср.}} - X_{\text{ср. (1 или 2)}}| * 100 \% / X_{\text{общ. ср.}},$$

$$\text{где } X_{\text{общ. ср.}} = (X_{\text{ср. 1.}} + X_{\text{ср. 2.}}) / 2$$

Пример 2. Для сравнения рассмотренной совокупности почв (1) и почвы того же хроноинтервала, но принадлежащей другому археологическому памятнику (удаленной в пространстве) мы будем сопоставлять  $X_{\text{ср. 1}}$  и  $X_{i. 2}$  для соответствующих горизонтов и показателей. То есть при наличии однородной выборки почв и среднего для нее значения предпочтительно использовать именно его (среднее значение), а не точечное значение какого-то из элементов выборки.

Пример 3. В случае сравнения исходной группы почв (1) с двумя объектами другого памятника и того же хроноинтервала (а последний при археологическом датировании может охватывать до 1000 лет) величина  $X_{\text{ср. 1}}$  будет сопоставляться с каждым из  $X_{i.}$  Величину  $X_{\text{ср.}}$  для двух новых объектов целесообразно использовать только при условии их подобия, о чем будут свидетельствовать морфологическое сходство и допустимые отклонения внутри группы 2.

Предложенные расчеты могут использоваться также при объединении почв в контуры, при оценке почвенного разнообразия или при выборе аналогичного фонового разреза для достоверного сопоставления с древним профилем. С другой стороны, полезно составлять средний профиль древней почвы с акцентом на наименее варьирующие показатели, которые являются самыми представительными, достоверными в конкретном случае.

### Выводы

1. Для случайной выборки из трех аналогичных древних почв были рассчитаны средние и отклонения от средних значений почвенных свойств, что дало возможность количественно оценить сходство и различия объектов внутри однородной совокупности.

2. Рассмотрены причины, влияющие на характер отклонений по каждому показателю и по почвенным генетическим горизонтам.

3. Предложен способ оценки достоверности варьирования почвенных свойств между объектами сравнения (по величине отклонений  $\Delta$ ). Исходя из того, что даже внутри однородной выборки неизбежно присутствует т.н. «фоновая неоднородность», мы предлагаем учитывать это явление при сравнении почвенных объектов. Достоверно различающимися будут такие почвы, для которых значения отклонений превышают недиагностические ( $\Delta \geq 35 \%$  и  $\Delta \geq 65 \%$ ).

4. Показано практическое применение вычисленных отклонений при сопоставлении объектов, удаленных во времени или пространстве.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Джонгман Р.Г.Г., Тер Браак С.Дж.Ф., Ван Тонгерен О.Ф.Р. Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. М., 1999. 306 с.
2. Красильников П. В., Фуэнтес-Ромеро Э. Ф. Почвенное разнообразие: теория, практика и методы исследования // Материалы по изучению русских почв. Вып. 4 (31). СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. С. 37–42.

3. Иванов И. В. Эволюция почв степной зоны в голоцене. М.: Наука, 1992. 142 с.
4. Дмитриев Е. А. К проблеме неоднородности почв и почвенного покрова (1988) // Теоретические и методологические проблемы почвоведения. М.: ГЕОС, 2001. С. 100–115.
5. Хохлова О. С., Хохлов А. А. Пространственная изменчивость свойств современных и погребенных голоценовых темно-каштановых почв Южного Приуралья // Почвоведение. 2002. № 3. С. 261–272.
6. Иванов И. В., Табанакова Е. Д. Изменения мощности гумусового горизонта и эволюция черноземом Восточной Европы в голоцене (механизмы, причины, закономерности) // Почвоведение (в печати, 2003. № 8–9).
7. Дмитриев Е. А. Представление о почвах как функция методов их изучения (1999) // Там же. С. 303–313.
8. Дмитриев Е. А. О понятии случайного и неслучайного в почвоведении (1998) // Там же. С. 286–302.
9. Дмитриев Е. А. Некоторые методологические аспекты изучения почв (1997) // Там же. С. 257–269.

**Ольга Николаевна ШЕВЦОВА** –  
аспирант кафедры социально-экономической  
географии и природопользования  
эколого-географического факультета  
Тюменского государственного университета  
**Дмитрий Викторович ШЕВЦОВ** –  
врач-ординатор кафедры анестезиологии  
и реанимации Тюменской государственной  
медицинской академии

УДК 556.166+551+572

## **ЖИЗНЬ В ДОЛИНАХ И ФАКТОРЫ РИСКА**

*АННОТАЦИЯ. В статье отмечается важность речных долин в системе расселения. Рассматриваются факторы риска жизни в долинах рек: наводнения, оползни, сели, природно-очаговые болезни.*

*The article focuses upon the importance of river valleys in the system of human settlements. The authors consider the risk factors in the river valleys such as floods, landslips, as well as natural-locations of infection.*

*Расселение населения в речных долинах.* Оптимальные условия долинно-речных ландшафтов для проживания и успешной жизнедеятельности человека обусловили высокую концентрацию населения в речных долинах: половина всех столиц мира (с учетом городов, расположенных в устьях рек) расположена в речных долинах, большая часть центров субъектов РФ (90%) приурочена к долинам рек (рис. 1,2) [1].

Долинно-речные ландшафты удовлетворяют многие потребности человека, формируют наиболее благоприятную среду жизни. В то же время жизнь в долинах рек подвержена риску, а использование долинно-речных ресурсов в хозяйственной деятельности ограничено.

*Структура факторов риска.* Риск жизни в долинах рек обусловлен, как правило, особенностями структуры и функционирования долинно-речных ландшафтов. Так, например, многие речные долины приурочены к зонам разломов земной коры, тектоническим швам, контролирующим не благоприятные для человека геопато-