

А. М. ГРИН

КОРРЕЛЯТИВНЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНОЙ ИНФИЛЬТРАЦИИ И СВОЙСТВАМИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

(Представлено академиком И. П. Герасимовым 16 VII 1970)

В процессе круговорота воды в природе, или, как еще принято его называть, гидрологического цикла, трансформация атмосферных осадков в сток происходит прежде всего и главным образом под влиянием почвенного покрова. От физических и химических свойств почв зависит скорость и величина инфильтрации, а следовательно, и соотношение между всеми элементами водного баланса данной территории, в том числе и размеры стока.

Задавшись целью отыскать количественно-определенные связи между инфильтрацией и свойствами почв, автор проанализировал как имеющийся у него обширный экспериментальный материал, полученный в ходе многолетних полевых исследований на территории Европейской части СССР (¹⁻³), так и многочисленные архивные и литературные источники*.

На первом этапе исследования был применен широко распространенный метод корреляции двух переменных: в данном случае — скорости инфильтрации, как показателя, наиболее четко связанного со свойствами почв, и одной из физических и химических характеристик почв.

По данным работы (⁶), в которой подробно проанализированы попарные связи инфильтрации с 11 основными физическими и химическими свойствами весьма разнообразных американских почв, наибольшая теснота связи, однако всего лишь средней силы, наблюдалась в паре инфильтрация — органическое вещество (коэффициент корреляции — 0,50), во всех же остальных случаях связь была еще слабее. Так, в парах инфильтрация — некапиллярная порозность — $r = 0,36$, с содержанием агрегатов $> 0,20$ — $r = 0,30$, с объемным весом — $r = -0,24$ и т. д. и т. п.

При анализе наших данных главным образом из-за меньшего разнообразия использованных при расчетах почв (у американцев данные по 68 точкам по всей территории США, у нас — по 27 точкам в пределах степной, лесостепной и юга лесной зон Европейской территории Союза) одна из связей оказалась сильнее. Так, в паре инфильтрация — органическое вещество коэффициент корреляции достиг 0,71, вместе с тем связь между инфильтрацией и объемным весом осталась на том же уровне, что и у американских исследователей, — $r = -0,28$. К сожалению, данных о других основных физических и химических свойствах почв в местах определения их инфильтрационной способности у нас нет. Неизвестны нам такие примеры и в отечественной литературе.

Стремясь придать искомым связям между инфильтрацией и свойствами почв большую тесноту, мы прибегли к аппарату множественной корреляции, позволяющему установить связь между тремя и более переменными (^{4,5}). Можно с большой уверенностью предположить, что наибольшее приближение к физическим зависимостям, существующим в этой области природных явлений, даст метод криволинейной корреляции.

* Все расчеты к статье произведены Н. М. Пискуновой и С. И. Евлахиной под руководством автора на ЭСМ «Вега» и ЭВМ «Минск-2».

Таблица 1

Результаты расчета по исходным данным ⁽⁶⁾ множественной корреляции между инфильтрацией (*i*), агрегатным составом (*x*), объемным весом (*y*), содержанием органического вещества (*z*) и некапиллярной порозностью (*u*)

Переменные величины	Общий коэф- фиц. корреляции <i>R</i>	Коэффициенты регрессии				Средние квадратичные отклонения					Средняя квадратичная ошибка <i>E</i>
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	σ_x	σ_y	σ_z	σ_u	σ_i	
3 переменные $\begin{cases} i, y, x \\ i, z, x \\ i, z, y \end{cases}$	0,32	0,40	—18,96	—	—	18,29	0,148	—	—	28,94	27,4
	0,51	0,077	10,31	—	—	18,29	—	1,358	—	28,94	24,9
	0,52	26,43	12,68	—	—	—	0,148	1,358	—	28,94	24,7
4 переменные $\begin{cases} i, x, y, z \\ i, x, y, z, u \end{cases}$	0,86	0,162	33,74	11,64	—	18,29	0,148	1,358	—	28,94	14,6
5 переменных $\begin{cases} i, x, y, z \\ i, x, y, z, u \end{cases}$	0,79	0,278	138,42	13,64	3,04	18,29	0,148	1,358	5,72	28,94	17,74

Однако отсутствие у нас уверенности в большой точности исходных материалов предопределило выбор для анализа менее корректного, но гораздо более простого метода прямолинейной корреляции.

Расчет, произведенный на основе наших экспериментальных данных, дал величину коэффициента корреляции между скоростью инфильтрации, содержанием органического вещества в верхних 30 см почвы и объемным весом этого горизонта, равную 0,80, при коэффициентах в парах, как было показано выше, 0,71 и —0,28 соответственно. Средняя квадратичная ошибка (*E*) менее 0,7 σ при теоретически допустимом соотношении $E = 3\sigma$. Уравнение регрессии выглядит так:

$$(i - \bar{i}) = 0,68(z - \bar{z}) + 4,62(y - \bar{y}).$$

При использовании американских данных введение третьей переменной, как видно из табл. 1, к усилению связей практически не привело. Коэффициент корреляции остался на уровне наиболее тесной связи в паре. Однако ввод еще одной переменной привел к весьма резкому увеличению плотности связи — практически почти до функциональной. Коэффициент корреляции между инфильтрацией (*i*), органическим веществом (*z*), агрегатным составом (*x*) и объемным весом (*y*) достиг 0,86, а средняя квадратичная ошибка (*E*) составила всего лишь около 0,5 σ . Уравнение регрессии в этом случае имеет вид:

$$(i - \bar{i}) = 0,162(x - \bar{x}) + 33,74(y - \bar{y}) + 11,64(z - \bar{z}).$$

Вместе с тем, не следует заблуждаться — не всегда увеличение числа переменных ведет к усилению связи. Наоборот, введение новых переменных, связь между которыми уже отражена в использованных ранее, теоретически должно уменьшать плотность связи. Так, в частности, произошло и у нас при введении пятой переменной — некапиллярной порозности (*u*). Коэффициент корреляции понизился до 0,79, а *E* увеличилась до 0,6 σ . При этом уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$(i - \bar{i}) = 0,278(x - \bar{x}) + 138,42(y - \bar{y}) + 13,64(z - \bar{z}) + 3,04(u - \bar{u}).$$

То, что в соответствии с теоретическими предпосылками в этом случае должно произойти ослабление связи, можно было предвидеть, так как по данным ⁽⁶⁾ среди использованных нами переменных именно в паре объемный вес — некапиллярная порозность отмечалась наиболее тесная связь (коэффициент корреляции 0,75).

Проведенный нами анализ свидетельствует о том, что между скоростью инфильтрации и основными физическими и химическими свойствами почвы существуют тесные количественно-определенные связи и что применение метода прямолинейной множественной корреляции для отыска-

ния этих связей вполне оправдано. Дальнейшее развитие исследований в этой области должно идти по линии выявления наиболее тесно связанных с инфильтрацией физических и химических свойств почв, причем можно думать, что успех ждет именно в области связей с химическими свойствами. При этом, конечно, следует применить для анализа метод криволинейной множественной корреляции, дающий гораздо большее приближение к реальной физической зависимости инфильтрации от определяющих ее факторов.

Институт географии
Академии наук СССР
Москва

Поступило
13 VII 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Водный баланс СССР и его преобразование, «Наука», 1969. ² А. М. Грин, Г. В. Назаров, Изв. Всесоюз. геогр. общ., 97, № 2 (1965). ³ А. М. Грин, Г. В. Назаров, Почвоведение, № 12 (1967). ⁴ Е. Кондратьева, Прямолинейная корреляция (практическое руководство), М., 1935. ⁵ Г. А. Пановский, Г. Г. Брейер, Статистические методы в метеорологии, М., 1967. ⁶ G. R. Free, G. M. Browning, G. W. Musgrave, Relative Infiltration and Related Physical Characteristics of Certain Soils, Technical Bulletin № 729, U.S. Dept. of Agriculture, July, 1940.