

В. А. БОБРОВ

**ОБ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ
ПРОЕКТОВ МЕЛИОРАЦИИ СОЛОНЦОВ**

Показано, что даже в пределах сравнительно небольших участков основные мелиоративные параметры солонцов значительно варьируют, выходя за пределы мелиоративных групп. В связи с этим при составлении проектов мелиорации солонцов рекомендуется пользоваться не данными, полученными по одному разрезу, а усредненными показателями.

В последнее время в Казахстане широко развернулись работы по коренному улучшению солонцовых земель, которые занимают на территории республики около 70 млн. га и характеризуются весьма разнообразными свойствами. Правильное научно обоснованное улучшение солонцов невозможно без разработки проектов мелиорации с учетом всех их особенностей.

В соответствии с общепринятыми в почвоведении методами исследований полевое изучение солонцов ведется путем закладки почвенных выработок той или иной глубины и отбора образцов из генетических горизонтов с последующим их анализом в лаборатории. Трудоемкость и стоимость работ находится в прямой зависимости от количества почвенных выработок, приходящихся на единицу площади, и количества образцов, отобранных для анализа.

По данному вопросу нет единого мнения. В существующих инструкциях и указаниях по обследованию солонцовых земель и посвященных этой проблеме публикациях имеются значительные разногласия. Так, одни авторы рекомендуют почвенные разрезы и полуямы закладывать из расчета не менее одной точки копания на 10 га, причем из всех разрезов отбирать образцы для анализа [2], другие предлагают закладывать почвенные разрезы из расчета один разрез на 50 га и образцы также отбирать из всех разрезов [1, 5, 9]. Республиканская инструкция по обследованию солонцовых земель [3] предусматривает одну почвенную выработку на 65 га (при масштабе 1 : 25 000) и один проанализированный разрез на 232 га (пробы для анализа отбирают в количестве 28% от общего числа разрезов). Аналогичной точки зрения придерживаются Михайличенко, Семанова, Фидель [4].

Такой различный подход к одному из основных вопросов методики почвенных обследований обусловлен широко распространенным мнением, что чем больше сделано разрезов и чем больше образцов проанализировано, тем точнее полученные значения почвенно-мелиоративных параметров. При этом, однако, упускается из виду тот момент, что проект мелиорации солонцов, как и любой проект вообще, должен обеспечивать не наибольшую, а необходимую точность при наименьших затратах, а с увеличением числа анализируемых разрезов растет стоимость проекта.

Так, стандартный набор анализов по одному разрезу стоит около 70 руб., лабораторная обработка 1 га обследованной площади по методике 1970 г. [2] — 7 руб., по указаниям и руководствам [1, 5, 9] — 1 руб. 40 коп., по методикам [3, 4] — 27 коп. Различия в стоимости, таким об-

разом, весьма существенны, особенно в пересчете на реальные площади обследования.

Однако, стремясь удешевить проектные разработки, следует строго контролировать принятые решения и рекомендации, так как сами приемы мелиорации гораздо дороже аналитических затрат.

В связи с тем что все агрометрические параметры солонцов претерпевают значительные колебания в пространстве, изучение их вариабельности имеет большое значение для правильного обоснования рекомендуемых мелиоративных мероприятий, определения числа необходимых наблюдений (разрезов, анализов), оценки точности полученных данных, разработки наиболее достоверных методов обработки изыска-

Таблица 1

Вариационные показатели лугово-степных солонцов Кустанайской обл.
(совхоз Карабалыкский)

Параметр		Вариационный показатель							
		<i>n</i>	<i>M</i>	<i>x</i> _{min}	<i>x</i> _{max}	σ	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>E</i>
Мощность горизонтов	A	25	11	6	15	2,5	23	0,13	-0,9
	B	25	13	10	20	2,7	21	0,45	+0,2
	BC	25	12	7	16	2,7	22	-0,65	-1,0
Гумус в горизонтах	A	24	3,6	2,4	4,6	0,7	19	-0,19	-1,3
	B	25	2,2	1,7	2,9	0,34	15	0,06	-0,6
	BC	25	1,1	0,7	2,7	0,25	24	0,03	-0,4
Поглощенный натрий в горизонтах	A	25	6	1	13	3,5	58	0,09	-1,2
	B	25	16	8	26	4,8	30	0,32	-0,9
	BC	23	8	2	16	3,7	46	-0,36	-0,8
Поглощенный магний в горизонтах	A	23	40	14	57	12,0	30	0,69	-0,5
	B	24	58	51	70	8,0	14	-0,08	-1,2
	BC	23	61	26	88	16,7	27	-0,56	-0,5
Глубина вскипания		25	28	17	40	5,8	21	0,26	-0,8
Глубина залегания гипса		24 (25)	54	20	47 (76)	7,0	20	0,33	-0,6
Глубина залегания солей		23 (25)	35	20	45 (90)	7,3	21	0,68	-1,1
Засоленность горизонтов	A	25	0,11	0,05	0,20				
	B	25	0,48	0,14	0,87	0,2	42	0,65	-1,1
	BC	25	1,12	0,24	2,38	0,52	46	0,70	-0,2
Содержание солей в слое 0—50 см, %		25	0,81	0,44	1,24	0,23	28	0,16	-0,6

Примечание. Здесь и в табл. 2: *n* — число наблюдений; *M* — среднее арифметическое; *x*_{min} — вариант с минимальным значением; *x*_{max} — вариант с максимальным значением; σ — среднее квадратическое отклонение; *C* — коэффициент вариации; *A* — коэффициент асимметрии; *E* — коэффициент эксцесса.

гельских материалов. С этой целью нами была предпринята попытка изучить вариабельность основных мелиоративных параметров лугово-степных средних и мелких солонцов. Для этого на площади в 25 га было заложено 25 разрезов, из которых в соответствии с общепринятой методикой были отобраны образцы для определения основных мелиоративных характеристик.

Полученные результаты (табл. 1) показали, что даже в пределах небольших площадей основные мелиоративные параметры солонцовых земель претерпевают значительные колебания, намного превышающие размеры градаций, принятых для отнесения солонцов в ту или иную группу.

Так, по содержанию поглощенного натрия в гор. В на площади в 25 га встречены остаточные, мало- и средненатриевые солонцы, по глубине залегания карбонатов и гипса — низко- и высококарбонатные, низко- и высокогипсовые. Вследствие этого, по нашему мнению, при составлении проектов мелиорации солонцов необходимо оперировать только средними величинами всех параметров, учитываемых при агрометриа-

тивной группировке солонцов, так как ни один из 25 разрезов полностью не идентичен среднему разрезу. К такому же выводу сорок лет назад пришел Сердобольский [8].

Для изучения варьирования основных показателей солонцов Заволжья И. П. Сердобольский заложил 20 разрезов на участке размером 25×25 м, т. е. один разрез в среднем на 31 м^2 , и несмотря на небольшие размеры участка он обнаружил, что все основные мелиоративные параметры солонцов значительно варьируют. Так, для такого важного мелиоративного показателя, как содержание поглощенного натрия в гор. В, вариационный коэффициент составлял 20, а в гор. ВС — 42%.

Таким образом, с какой бы частотой мы не закладывали разрезы, один разрез, приходящий на любую площадь, не может охарактеризовать мелиоративные особенности изучаемого участка. Для этого необходимо оперировать средними значениями интересующих нас параметров. В связи с этим возникает вопрос о количестве наблюдений, необходимых для расчета среднего значения. Количество наблюдений зависит от закона распределения, и обычно во всех биологических исследованиях принимается нормальный закон распределения изучаемого явления.

В этом случае необходимое число наблюдений рассчитывают по формуле

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{m^2} \quad (1)$$

(где n — число наблюдений, t — критерий Стьюдента, σ — среднее квадратическое отклонение, m — ошибка средней) или по аналогичной формуле

$$n = \frac{t^2 C^2}{P^2}, \quad (2)$$

где C — вариационный коэффициент, P — точность средней, %.

Для правомерности применения формул (1) и (2) необходимо проверить нормальность распределения изучаемых признаков в генеральной совокупности по экспериментально полученным выборкам.

Поскольку объем нашей выборки недостаточно велик для проверки нормальности распределения с помощью наиболее достоверного метода — критерия Пирсона, то проверку проведем упрощенным методом — сравнением абсолютных величин коэффициентов асимметрии и эксцесса с их средними квадратическими отклонениями, вычисляемыми по формулам:

$$\sigma_A = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}} \quad (3)$$

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{24n(n-2)(n-3)}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}} \quad (4)$$

Согласно математической статистике, «если хотя бы одна из указанных характеристик (коэффициент асимметрии или эксцесса — Б. В.) по абсолютной величине значительно (в 2—3 раза) превосходит свою среднеквадратическую ошибку, то нормальность закона распределения следует подвергнуть сомнению. В противном случае для такого сомнения нет оснований» [7]. Величины коэффициентов асимметрии и эксцесса приведены в табл. 1.

Поскольку средние квадратические ошибки коэффициентов асимметрии и эксцесса зависят только от числа наблюдений и не зависят от среднего арифметического, то рассчитаем эти величины для разных объемов наблюдений, приведенных в табл. 1 ($n=25, 24, 23$).

При

$$\begin{array}{l} n = 25 \quad \sigma_A = 0,44 \quad \sigma_E = 0,79 \\ n = 24 \quad \sigma_A = 0,45 \quad \sigma_E = 0,80 \\ n = 23 \quad \sigma_A = 0,46 \quad \sigma_E = 0,81. \end{array}$$

Сравнивая абсолютные величины коэффициентов асимметрии и эксцесса с их средними квадратическими отклонениями, видно, что ни в одном случае ни один коэффициент не превышает свою ошибку более чем в 1,6 раза. Следовательно, сомневаться в нормальности распределения изучаемых признаков в генеральной совокупности у нас нет оснований.

Убедившись в нормальности распределения и получив из наблюдений основные параметры, характеризующие нормальное распределение (σ и M), можно по формуле (1) и (2) подсчитать необходимое число наблюдений, для чего нематематическим путем зададимся значениями двух параметров, входящих в формулу (2).

По нашему мнению, мы можем ограничиться 10% точностью среднего арифметического при 90% доверительной вероятности его. Приняв эти величины для расчета и взяв из табл. 1 экспериментально полученное значение вариационного коэффициента C , можно получить расчетную формулу, например, для вычисления необходимого числа определений поглощенного натрия в гор. В:

$$n = \frac{1,65^2 \cdot 30^2}{10^2} = 24,$$

т. е. для того чтобы иметь 90% уверенность, что содержание поглощенного натрия в гор. В находится в пределах 14,4—17,6%, необходимо с контура отобрать 24 образца и проанализировать их. Цифра, как видно, довольно велика для практической реализации, кроме того, в большинстве случаев необходимо иметь уверенность, что по величине определенного параметра (в нашем случае поглощенного натрия) данная почва находится в заданном интервале, не особенно интересуясь конкретной величиной параметра.

Если расширить возможные колебания параметра за счет уменьшения точности, то появляется возможность выхода одного из крайних значений параметров за пределы агромелиоративной группы вследствие симметричности границ возможных ошибок среднего арифметического. Поэтому следует рассчитывать вероятность попадания в любой заранее заданный интервал, исходя из закона нормального распределения. В нашем случае границами служат агромелиоративные группы.

Рассмотрим, например, распределение таких важных мелиоративных параметров, как содержание поглощенного натрия в гор. В и глубины залегания гипса. Как видно из данных, приведенных в табл. 1, по колебанию содержания поглощенного натрия в гор. В солонцы могут относиться к трем различным классификационным группам. Исходя из нормальности распределения рассчитаем вероятность попадания в каждую из групп при заложении единичного разреза, т. е. вероятность нахождения в пределах 10, 10—20 и 20% поглощенного натрия. Расчет, который мы здесь не приводим, показал, что вероятность попадания единичного наблюдения в интервал 10% равна 0,1; в интервал 10—20% — 0,7 и в интервал 20% — 0,2, т. е. вероятность выхода за мелиоративный предел, характеризуемый средним арифметическим, равна 30%. Вероятность ошибки, как видно, довольно значительная, чтобы ею пренебречь.

На основании этого можно сделать вывод о том, что единичный анализ содержания поглощенного натрия в гор. В непригоден для обоснования проектных решений. Поэтому возникает вопрос о необходимом количестве наблюдений для получения достоверных данных.

Применив теорему умножения вероятностей, можно получить вероятность выхода второго наблюдения за предел 10—20% при условии, что первое наблюдение находится вне этого интервала, равную уже 0,09, а третьего при условии, что первые два оказались вне интервала, равную 0,03. С другой стороны, вероятность нахождения второго наблюдения за интересующим нас пределом при условии, что первый находится в интервале 10—20%, равна 0,5, а третьего, если два первых находятся в заданном интервале, — 0,66. Следовательно, наиболее вероятным распределением трех наблюдений будет следующее: два наблюдения в пределах интересующего нас интервала и одно — вне интервала. Имея такие данные, получим величину, уже близкую к средней или во всяком случае находящуюся в пределах одной мелиоративной группы.

Со вторым важным мелиоративным показателем — глубиной залегания гипса — дело обстоит примерно также. Средняя глубина залегания гипса 34 см. При вспашке на глубину 35—40 см это максимальный показатель, при котором возможно вовлечение гипса в мелиорируемый слой.

Вероятности получить величину интересующего нас параметра больше или меньше среднего арифметического равновероятны, поэтому, как показал расчет, в данном случае необходимо иметь минимум четыре наблюдения.

В связи с вышеизложенным возникает вопрос о том, где взять необходимые для расчета цифры. Ведь в рассматриваемом случае они получены в результате детальных исследований, которые в общем случае не выполняются. Здесь необходимо иметь в виду, что почвенно-мелиоративное обследование солонцовых земель всегда проводится после почвенного обследования, поэтому на основании имеющихся материалов всех видов почвенного обследования необходимо рассчитать вариационные показатели основных мелиоративных параметров, зная которые, можно вычислить необходимое количество разрезов и анализов для обоснования проекта мелиорации солонцов. Из полученных данных необходимо выводить средние характеристики, опираясь на которые можно с определенной доверительной вероятностью обосновать рекомендуемые приемы мелиорации.

Расчет мелиоративных характеристик на основе единственного анализа, приходящегося даже на 1 га, как это имело место в нашем случае, не дает возможности определить степень точности полученных параметров и носит в большей или меньшей степени случайный, малообоснованный характер. Это связано с тем, что «...степень близости между выборочной и генеральной средними зависит... не от соотношения объема выборки к объему генеральной совокупности, а от самого объема выборки» [6]. Исходя из этого, если в соответствии с Указаниями 1971 г. [3] иметь три проанализированных разреза на солонцовый контур площадью 700 га и оперировать средними мелиоративными параметрами, рассчитанными по этим разрезам, то такие оценки будут более точно характеризовать любую десятигектарную часть изучаемого участка, чем единичный разрез, заложенный на каждые 10 га в соответствии с методическими рекомендациями 1970 г. [2]. Поэтому нет никаких оснований для значительного увеличения числа почвенных выработок и количества анализов, приходящихся на единицу площади.

Достоверность оценки мелиоративных параметров можно легко и быстро повысить выведением средних значений из результатов анализов аналогичных разрезов.

Посмотрим, как согласуется это теоретическое положение с экспериментальными данными. Проверку проведем на материалах обследования солонцовых земель Павлодарской сельскохозяйственной опытной станции. Для исследования взяли один фрагмент почвенной карты площадью 3,2 тыс. га, на котором преобладали солонцовые комплексы раз-

личных мелиоративных групп, высчитывали процентное содержание поглощенного натрия в гор. В почв III мелиоративной группы по данным всех имеющихся анализов, затем этот же показатель рассчитывали, сократив число разрезов вдвое, втрое, вчетверо, впятеро и вдесятеро, причем в расчет брали каждый второй, третий, четвертый, пятый и десятый разрезы. Таким образом, были сформированы выборки различного

Таблица 2

Вариационные показатели содержания поглощенного натрия в гор. В почвы III агро-мелиоративной группы Павлодарской сельскохозяйственной опытной станции по выборкам различного объема

Номер выборки	n	M	x _{min}	x _{max}	σ	m	m, %	C	A	E
1	37	11,1	3,2	21,0	4,1	0,7	6	37	+0,33	-0,43
II-1	18	11,3	4,8	18,4	3,1	0,7	6	28	+0,20	-0,10
II-2	19	11,0	3,2	21,0	5,0	1,2	10	45	+0,10	-1,00
III-1	13	10,2	3,2	18,9	4,5	1,2	12	44	+0,55	-0,48
III-2	12	11,6	5,1	21,0	4,4	1,3	11	38	+0,38	-0,51
III-3	12	11,7	6,3	17,5	3,6	1,0	9	30	-0,10	-1,39
IV-1	10	11,4	3,2	18,9	5,2	1,6	14	46	-0,17	-1,47
IV-2	9	10,6	8,8	13,1	1,7	0,6	5	16	+0,44	-1,65
IV-3	9	10,6	6,2	21,0	5,0	1,7	16	47	+0,63	-0,60
IV-4	9	11,9	4,8	18,4	4,2	1,4	8	35	+0,63	-1,18
V-1	8	9,7	3,2	14,3	4,8	1,5	15	50	-0,28	-1,60
V-2	8	11,6	6,4	18,9	4,3	1,5	13	37	+0,19	-1,41
V-3	7	11,0	6,2	18,4	4,4	1,7	15	40	+0,38	-1,41
V-4	7	12,7	8,9	15,1	3,0	1,1	9	24	+0,28	-1,56
V-5	7	10,9	5,1	21,0	5,1	1,9	18	47	+0,87	-0,51
X-1	4	9,9	3,2	13,8	5,0	2,5	25	50		
X-2	4	11,8	8,8	14,5	2,5	1,2	10	21		
X-3	4	9,6	6,2	14,6	4,1	2,0	21	43		
X-4	4	12,1	10,5	15,1	2,1	1,1	9	17		
X-5	4	11,4	5,1	21,0	6,8	3,4	30	60		
X-6	4	9,5	4,8	14,3	3,9	1,9	20	41		
X-7	4	11,4	6,4	18,9	6,1	3,1	27	54		
X-8	3	12,8	9,1	18,4	4,9	2,8	22	38		
X-9	3	13,5	8,9	17,5	4,3	2,5	18	32		
X-10	3	10,2	7,6	13,1	2,8	1,6	16	27		

Примечание. m — абсолютная ошибка среднего арифметического; m, % — относительная ошибка среднего арифметического.

объема, по которым рассчитывали основные вариационные показатели (табл. 2).

Как видно из табл. 2, даже при уменьшении числа наблюдений в 10 раз (выборки X=1—X=10), колебания результатов средних анализов были гораздо меньше, чем индивидуальных анализов, причем размах колебаний уменьшался с увеличением объема выборки.

Эти данные свидетельствуют и о том, что выборка, состоящая из 3—4 анализов, практически с одинаковой точностью характеризует содержание поглощенного натрия в гор. В, как и выборка, состоящая из 37 анализов. Если принять среднее арифметическое содержание поглощенного натрия, рассчитанное по 37 анализам, за его количество в генеральной совокупности и сравнить с максимальными отклонениями средних арифметических, рассчитанных по выборкам, состоящим из 3—4 анализов, то максимальное отклонение в сторону уменьшения составит — 1,6% (9,5—11,1), в сторону увеличения — 2,4% (13,5—11,1), т. е. отклонения в целом крайне незначительны и не имеют существенного значения, поскольку все эти величины находятся в пределах одной агро-мелиоративной группы.

Теперь рассмотрим, насколько статистические параметры большой совокупности характеризуют отдельный ее участок. Для этого выбрали

отдельные контуры III агромелиоративной группы площадью 14 и 60 га. На первом было проанализировано 2 разреза, на втором — 4. Среднее содержание поглощенного натрия соответственно равнялось 10,6 и 10,4 при количестве его в отдельных разрезах на первом контуре 6,2 и 15,1 и на втором — 8,8 и 14,5; 6,3 и 12,0. Сравнение средних величин содержания поглощенного натрия на двух рассматриваемых контурах (10,6 и 10,4) со средним значением генеральной совокупности (11,1%) показало, что хотя между ними и существует некоторое различие, но среднее генеральной совокупности лучше характеризует контур, чем любой единственный разрез. Конечно, можно случайно получить содержание поглощенного натрия в отдельном образце, равное среднему генеральной совокупности, однако вероятность такого совпадения очень невелика.

Таким образом, из вышеизложенного видно, что при составлении проектов мелиорации солонцов необходимо пользоваться средними величинами мелиоративных параметров, вычисленными по результатам анализа нескольких (3—4) разрезов. Необходимым условием для получения достоверных данных является правильное формирование выборки, для того чтобы в нее не попали разнокачественные солонцы. Практически это значит, что в одну совокупность необходимо объединять солонцы, сформировавшиеся на одной почвообразующей породе в сходных гидрогеологических условиях.

Литература

1. *Кирюшин В. И.* Солонцы и их мелиорация. Алма-Ата, 1976.
2. Методические рекомендации по мелиорации солонцов и учету засоленных почв. М., 1970.
3. Методические указания по обследованию солонцовых земель и разработке рекомендаций по их освоению в Казахской ССР. Алма-Ата, 1971.
4. *Михайличенко В. Н., Семенова Е. И., Фидель К. Н.* Почвенно-мелиоративная съемка в целях обоснования проектов мелиорации солонцов. В сб.: Мелиорация солонцов черноземной зоны Казахстана. Алма-Ата, 1972.
5. Рекомендации по разработке и проектированию мероприятий по улучшению кормовых угодий в совхозах, колхозах и других сельскохозяйственных предприятиях Целиноградской области Казахской ССР. Целиноград, 1971.
6. *Румицкий Л. З.* Элементы теории вероятностей. «Наука», 1970.
7. *Румицкий Л. З.* Математическая обработка результатов эксперимента. «Наука», 1971.
8. *Сердобольский И. П.* Варьирование химических свойств компонентов солонцового комплекса почв (Применение теории вероятностей к изучению степени однородности солонца, солонцеватой почвы). Тр. Комиссии по ирригации, вып. 9. Изд. АН СССР, 1937.
9. Указания по разработке проектов организации территории и освоения солонцовых земель при внутрихозяйственном землеустройстве. «Колос», 1975.

Казгипрозем
МСХ КазССР

Дата поступления
6.X.1975 г.

V. A. BOBROV

ON SECURING THE DESIGNS OF SOLONETZ RECLAMATION WITH ANALYTICAL DATA

It has been shown that even within comparatively small plots the main reclamative parameters of solonetztes considerably vary, exceeding the limits of reclamative groups. In this connection it is recommended to use averaged indicators instead of the data obtained for a single profile.