

МЕЛИОРАЦИЯ ПОЧВ

УДК 631.4:631.6

Л. Б. ПАЧЕПСКАЯ, Я. А. ПАЧЕПСКИЙ, Е. Г. МОРГУН

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ РАЗМЕРНОСТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ УСЛОВИЙ ПРИ ОРОШЕНИИ

Показаны целесообразность и преимущества применения методов теории размерностей при анализе зависимостей между параметрами, характеризующими процессы засоления и рассоления почв при орошении. Применение методов теории размерностей позволило получить ряд зависимостей для прогноза засоленности почв.

Методы теории размерностей широко применяются при исследованиях в различных областях науки [13]. Этот прием полезен, когда ставится задача отыскания зависимостей между параметрами, характеризующими объект исследований. В этом случае на основании теории размерностей из исходных параметров формируются новые — безразмерные параметры, часто называемые безразмерными комплексами. Затем выявляются зависимости между значениями безразмерных комплексов. Число безразмерных комплексов меньше, чем число исходных параметров. Поэтому задача нахождения зависимостей между безразмерными комплексами оказывается проще, чем исходная задача: чем меньше параметров, тем легче найти аппроксимационную формулу для выражения связи между ними [12].

При почвенно-мелиоративных исследованиях обычно анализируют связи между большим числом параметров, характеризующих мелиоративную обстановку и тенденции ее изменения. Поэтому при обработке результатов таких исследований применение методов теории размерностей может оказаться целесообразным. Это положение подтверждается в целом ряде работ. Так, ряд критериев качества оросительной воды сформулирован для значений безразмерных комплексов [9, 11]; введенный В. А. Ковдой индекс водно-солевого баланса WSB [5] также представляет собой безразмерный комплекс. Методы теории размерностей применены для анализа процесса впитывания влаги в почву [7].

В настоящей работе рассматриваются примеры нахождения с единых позиций теории размерностей зависимостей для расчета величин, играющих определяющую роль при прогнозировании влияния орошения в засушливой зоне юга Европейской части СССР.

Ниже рассмотрены только такие параметры, размерности которых могут быть выражены через единицы массы и длины. Размерность параметра обозначается путем помещения обозначения самого параметра в квадратные скобки: $[a]$ — размерность параметра a . В дальнейшем использовано понятие формулы размерности, определяемой для каждого

из параметров по следующему правилу (в два шага). Во-первых, все единицы измерения, входящие в размерность, выражаются через основные единицы измерения (в нашем случае через единицы массы и длины). Во-вторых, постоянный коэффициент, возникший при пересчете единиц измерения, заменяется на 1; вместо обозначения единиц массы подставляется буква M , а вместо единиц длины — буква L . Например, найдем формулу размерности для величины водоподачи на единицу площади Q , измеряемой в $м^3/га$.

1. Выразим все единицы измерения в размерности Q через единицы длины:

$$Q \frac{м^3}{га} = Q \frac{м^3}{10\,000 м^2} = 10^{-4} Q м.$$

2. Коэффициент 10^{-4} опустим, а вместо сокращения метра подставим букву L :

$$[Q] = L,$$

водоподача на единицу площади имеет размерность длины.

Еще пример: найдем формулу размерностей для минерализации грунтовых вод γ , измеряемой в $г/л$:

$$1. \gamma \frac{г}{л} = 10^{-3} \gamma \frac{г}{см^3}.$$

$$2. [\gamma] = \frac{M}{L^3}.$$

Отметим, что формула размерности для произведения (частного) параметров равна произведению (частному) формул размерности. Для любого безразмерного комплекса Π формула размерности такова: $[\Pi] = 1$.

Пусть имеется несколько параметров, причем формулу размерностей каждого из них нельзя выразить через формулы размерностей остальных путем их перемножения и деления. Тогда говорят, что эти параметры имеют независимые размерности. Например, размерности глубины грунтовых вод H и их минерализации γ независимы, поскольку $[H] = L$, $[\gamma] = M/L^3$; размерности объема водоподачи W и глубины грунтовых вод H зависимы, так как $[W] = L^3$, $[H] = L$ и $[W] = [H] \times [H] \times [H]$, и т. д. В случае, когда используются только единицы массы и длины, может существовать не более двух параметров с независимой размерностью.

Важный результат теории размерностей, называемый Π -теоремой и используемый ниже, состоит в следующем. Пусть объект исследования характеризуется N параметрами, из которых K имеют независимые размерности. Тогда можно образовать $N - K$ безразмерных комплексов, и для описания объекта достаточно изучать связи между ними.

Обратимся к приложениям изложенных сведений из теории размерностей.

1. В работе Баера с соавт. [1] установлено, что на величину E_r расхода грунтовых вод в зону аэрации на единицу площади в вегетационный период оказывают влияние величина E_c суммарного водопотребления культур на единице площади за тот же срок и средняя глубина зеркала грунтовых вод H . Формулы размерностей: $[E_r] = L$, $[E_c] = L$, $[H] = L$. Очевидно, есть всего один параметр с независимой размерностью. Тогда в условиях Π -теоремы $N = 3$, $K = 1$ и можно образовать $N - K = 2$ безразмерных комплексов и изучать связь между ними. Эти комплексы определили так: $\Pi_1 = E_r/H$, $\Pi_2 = E_c/H$, $[\Pi_1] = L/L = 1$, $[\Pi_2] = L/L = 1$. Пары значений Π_1 , Π_2 по данным работы Баера с соавт. [1] изображены точками на рис. 1. Видно, что зависимость Π_1 от Π_2 действительно существует и удовлетворительно аппроксимируется прямой

линией: $\Pi_1 = 0,94 \Pi_2 - 0,16$ (если E_r, E_c, H взяты в одинаковых единицах измерения, например, в мм, $H > 0,5$ м).

2. В работе Барона и Планина [3] показано, что на величину средней минерализации грунтовых вод за время их подъема в суглинистой толще при затрудненном боковом оттоке оказывает влияние величина g среднего содержания солей в единице объема почвогрунтов зоны аэрации, g/l : изменение глубины залегания грунтовых вод ΔH за период наблюдений, количество поданной на единицу площади воды Q . Не будем далее учитывать обычно низкую минерализацию оросительной воды. Формулы размерностей: $[\gamma] = M/L^3$, $[g] = M/L^3$, $[\Delta H] = L$, $[Q] = L$. Как видно, имеются два параметра с независимой размерностью — один из

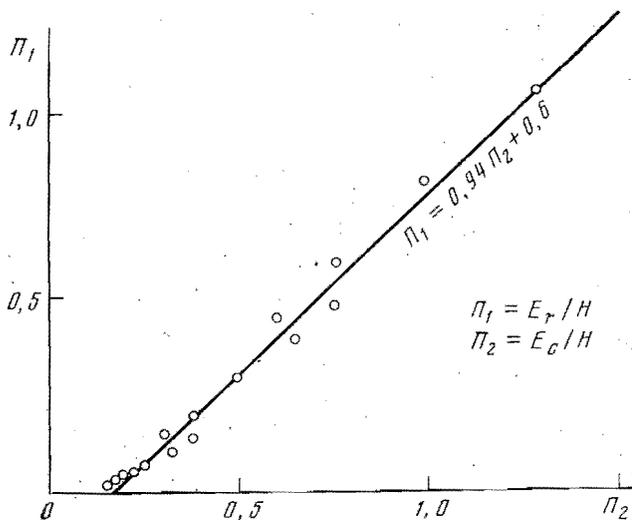


Рис. 1. Связь между безразмерными комплексами $\Pi_1 = E_r/H$ и $\Pi_2 = E_c/H$ для нахождения зависимости между параметрами E_r, E_c и H (обозначения в тексте)

пары γ, g и один из $\Delta H, Q$. Тогда в условиях Π -теоремы $N=4, K=2$ и можно образовать $N-K=2$ безразмерных комплекса и изучать связи между их значениями. Эти комплексы определим так: $\Pi_1 = \gamma/g, \Pi_2 = Q/\Delta H$. Парам значений Π_1, Π_2 , рассчитанным по данным работы Барона и Планина [3], соответствуют точки на рис. 2. Видно, что зависимость Π_1 от Π_2 действительно существует и удовлетворительно аппроксимируется степенной зависимостью: $\Pi_1 = 1,39 \Pi_2^{1,13}$.

3. Для рассоления почвогрунтов при нисходящем токе влаги в профиле и подаче на поверхность пресной воды в качестве определяющих параметров возьмем: g — среднее по профилю содержание солей в единице объема почвы, g/l ; Δg^- — изменение среднего содержания солей в единице объема в результате промывки, g/l ; w — количество профильтровавшейся воды на единицу площади, m ; H — мощность промываемой толщи, m . Формулы размерности: $[g] = [\Delta g^-] = M/L^3$, $[w] = [H] = L$. Имеем два параметра с независимой размерностью, и по Π -теореме можно образовать $4-2=2$ безразмерных комплекса. Определим их так: $\Pi_1 = \Delta g^-/g, \Pi_2 = w/H$. Из теории размерностей следует, что должна существовать зависимость между Π_1 и Π_2 . В работах Волобуева [4], Панина [10] и ряде других публикаций показано, что эта зависимость действительно существует и имеет вид: $\Pi_1 = \exp(-\alpha \Pi_2) - 1$. В последней формуле значения параметра α определяются только условиями, в которых протекает процесс рассоления. Для сухостепной зоны при неустойчивом увлажнении рассоление в течение года многократно прерывается

периодами засоления за счет запасов солей грунтовых вод и под влиянием солей оросительной воды.

Параметры, характеризующие факторы засоления, таковы: γ — средняя минерализация верхнего слоя грунтовых вод, u — годичный расход грунтовых вод в зону аэрации на единицу площади, Q — суммарная водоподача на единицу площади, c — средневзвешенная минерализация поливной воды, g — среднее содержание солей в зоне аэрации на единицу объема, H — среднегодовая глубина залегания грунтовых вод. Среди перечисленных шести параметров два имеют независимую размерность. Следовательно, в соответствии с П-теоремой должны рассматриваться четыре безразмерных комплекса. Возьмем их следующими: $\Pi_3 = \gamma/g$, $\Pi_4 = c/g$, $\Pi_5 = Q/H$, $\Pi_6 = u/H$.

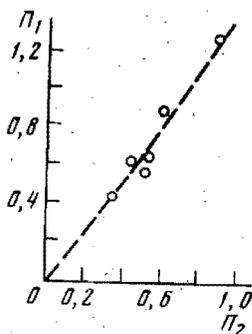


Рис. 2

Рис. 2. Связь между безразмерными комплексами $\Pi_1 = \gamma/g$ и $\Pi_2 = Q/\Delta H$ для нахождения зависимости между параметрами γ , g , Q и ΔH (обозначения в тексте)

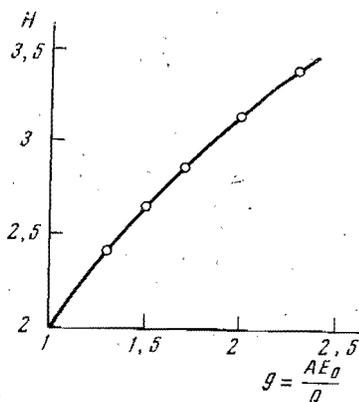


Рис. 3

Рис. 3. Зависимость между глубиной стабилизации грунтовых вод H_A (вертикальная ось) и безразмерным комплексом $q = AE_0/Q$ (обозначения в тексте)

При анализе солевого режима в течение сезона или года параметры Π_3 , Π_4 , Π_5 , Π_6 также характеризуют условия протекания процесса рассоления. Действительно, изменение этих параметров в течение определенного промежутка времени в конечном итоге влияет на степень рассоления почвогрунта. В таком случае величина α , кроме прочего, должна зависеть именно от этих четырех параметров. Для нахождения структуры зависимости α (Π_3 , Π_4 , Π_5 , Π_6) запишем уравнение годового баланса солей при условии, что сам баланс компенсирован, т. е. средний запас солей в зоне аэрации не меняется. Применив введенные обозначения, получим: $H\Delta g + \gamma u + cQ = 0$ или после деления на $gH \exp(-\alpha\Pi_2) - 1 + \Pi_3\Pi_6 + \Pi_4\Pi_5 = 0$. Отсюда

$$\alpha = -\frac{1}{\Pi_2} \ln (1 - \Pi_3\Pi_6 - \Pi_4\Pi_5). \quad (1)$$

Как видно из (1), величина α выражается через параметр Π_2 , характеризующий процесс рассоления, и параметры Π_3 , Π_4 , Π_5 , Π_6 , характеризующие процесс засоления, т. е. $\alpha = \alpha(\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6)$. Однако по определению α зависит только от свойств почвогрунта и сложившихся условий протекания процесса рассоления и не зависит от параметра Π_2 . Функция (1) получена для особого случая компенсированного солевого режима. Для того чтобы и в этом случае величина α зависела только от параметров Π_3 , Π_4 , Π_5 , Π_6 , необходимо, чтобы при компенсированном солевом режиме параметр Π_2 зависел от Π_3 , Π_4 , Π_5 , Π_6 . Таким образом,

при сделанных предположениях в условиях компенсированного солевого режима должна существовать связь между Π_2 и параметрами засоления $\Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6$. Самая общая ее формулировка содержится в (1): питание грунтовых вод выражается через параметры процесса засоления.

Запишем формулу, выражающую последнее условие при дополнительных упрощающих предположениях. Величина $\Pi_3\Pi_6 +$

$[-\Pi_4\Pi_5]$ обычно намного меньше единицы. Тогда $\alpha \approx \frac{\Pi_3\Pi_6 + \Pi_4\Pi_5}{\Pi_2}$ и

$$\frac{1}{\alpha} \approx \frac{w}{u \left(1 + \frac{cQ}{\gamma u}\right)} = a, \text{ где } a \text{ может зависеть только от параметров } \Pi_3,$$

Π_4, Π_5, Π_6 . Часто имеют дело со случаем, когда $cQ/(\gamma u)$ намного меньше единицы, т. е. засоление в основном вызвано восходящим током солей из грунтовых вод. Тогда

$$\frac{1}{\alpha} \approx \frac{w}{u} = a.$$

Таким образом, в результате применения теории размерностей получен вывод: компенсированный солевой баланс зоны аэрации устанавливается, если отношение питания грунтовых вод к их расходу в зону аэрации есть величина, зависящая только от параметров, характеризующих мелиоративную обстановку, и не зависящая от объема водоподдачи. Но это положение хорошо известно в теории и практике мелиорации. Так, например, Кац [5], Баер и Лютаев [2] установили, что при компенсированном солевом балансе и грунтовых водах как основном факторе засоления отношение w/u есть постоянная величина. Значение этой постоянной оказывается разным для разных конкретных сочетаний компонентов мелиоративной обстановки. В работе Баера и Лютаева [2] для условий сухой степной зоны величина рассматриваемого отношения при солевой компенсации зависит от минерализации грунтовых вод, запаса солей и среднего механического состава пород зоны аэрации. Зависимости, найденные в этой работе, могут быть аппроксимированы так:

$$a = 1,2 \cdot (0,91 + 0,07\gamma) (0,99 + 0,15G) \mu, \quad (2)$$

где γ — минерализация грунтовых вод, г/л; G — содержание солей, %; $\mu = 1,15$ для тяжелых суглинков; $\mu = 1,0$ для средних; $\mu = 0,85$ для легких.

При теоретическом моделировании солепереноса в профиле почвогрунтов также установлено, что отношение объема нисходящей влаги к объему влаги, мигрирующей вверх по профилю, при солевой компенсации является константой, зависящей от условий солевой миграции в профиле. В целом тот факт, что при применении теории размерностей получен вывод, согласующийся с известными представлениями об условиях достижения солевого равновесия, свидетельствует в пользу целесообразности применения методов этой теории.

Следует отметить, что введение понятия о параметре солевого равновесия a позволяет определить значения среднегодовой критической глубины залегания грунтовых вод как глубины, при которой реализуется нулевой солевой баланс зоны аэрации. В самом деле, поскольку w и u зависят от H , равенство $w/u = A$ можно рассматривать как уравнение для определения такой глубины H_A , при которой w/u равно A . Если $A = a$, то решение этого уравнения есть критическая глубина залегания грунтовых вод по В. А. Ковде. Если же $A = 1$, то H_A есть глубина стабилизации уровня грунтовых вод при малых значениях бокового оттока и перетока через водоупор. Приведем пример зависимости для H_A . По данным Харченко [14], расход грунтовых вод в зону аэрации зависит от испаряемости E_0 и H следующим образом: $u = E_0[\lambda \exp(-0,8 H) + (1 - \lambda) \times$

$\times \exp(-1,4 H)$]. Здесь λ есть доля продолжительности фаз интенсивного водопотребления в продолжительности всего периода вегетации. Ориентируясь на кукурузу, приняли $\lambda=0,7$. Интерполируя данные Лютаева [8] по зависимости годовой величины питания грунтовых вод от H и объема вододачи Q для кукурузы, получили при $2 m \leq H \leq 4 m$: $w = (0,23 - 0,0346 H) Q$. Записав отношение $\frac{w}{u} = A =$

$$= \frac{E_0 [\lambda \exp(-0,8 H_A) + (1 - \lambda) \exp(-1,4 H_A)]}{Q(0,23 - 0,0346 H_A)}$$
, видим, что H_A зависит от безразмерного параметра $q = A E_0 / Q$. График функции $H_A(q)$ дан на рис. 3. Заметим, что поскольку при компенсации солевого баланса зоны аэрации $a > 1$ [2], то критическая глубина грунтовых вод H_a больше, чем глубина стабилизации уровня режима H_s (H_a при $A=1$). Поэтому при эксплуатации орошаемых земель без дренажа при незначительных боковом оттоке и перетоке через водоупор обязательно возникает засоление.

Оценим темп прироста такого засоления. Для этого воспользуемся доказанным выше положением: при преобладании грунтовых вод как фактора засоления в случае солевой компенсации зоны аэрации зависи-

$\Delta g/g$

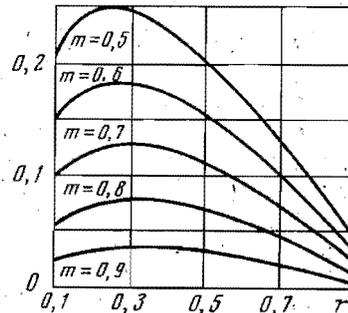


Рис. 4. График функции относительного прироста засоленности (обозначения в тексте)

мость параметра α от безразмерных комплексов, характеризующих условия процесса рассоления, принимает вид: $\alpha = -\frac{1}{a\Pi_6} \ln(1 - \Pi_3\Pi_6 - \Pi_4\Pi_5)$.

Предположим в первом приближении, что эта же зависимость сохраняется и при небольших отклонениях от солевой компенсации. Солевой баланс зоны аэрации будет выглядеть так: годичный прирост $H\Delta g = H\Delta g^- + \gamma u + cQ$. Деля на gH , находим:

$$\frac{\Delta g}{g} = \exp \left[\frac{\Pi_2}{a\Pi_6} \ln(1 - \Pi_3\Pi_6 - \Pi_4\Pi_5) \right] - 1 + \Pi_3\Pi_6 + \Pi_4\Pi_5 = r^m - r, \quad (3)$$

где $r = 1 - \Pi_3\Pi_6 - \Pi_4\Pi_5$, $m = \frac{\Pi_2}{a\Pi_6} = \frac{w}{au}$.

Графики зависимостей относительного прироста засоленности $\frac{\Delta g}{g}$ от r при разных m даны на рис. 4. Приведем численный пример их использования. Рассмотрим случай, когда водный баланс компенсирован, т. е. $w=u$, $A=1$, а $m=1/a$. Примем, что $G=0,2\%$, $\gamma=5$ г/л, объемный вес почвогрунтов зоны аэрации, сложенной тяжелыми суглинками, равен $1,5$ т/м³, $E_0=800$ мм, $Q=700$ мм, средневзвешенное по осадкам и оросительной воде значение $c=0,2$ г/л. По формуле (2) находим $a=1,74$. При $A=1$ $q=1,14$ и $H_s=2,2$ м. Величина u составляет тогда 128 мм, $g=3$ г/л. Вычисляем r и m : $r=0,88$, $m=0,575$. Тогда, согласно (3), $\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta G}{G} = 0,05$. Засоление будет относительно медленным, а среднегодовая засоленность достигнет $0,3\%$ меньше чем через 10 лет.

Как отмечено, при достижении грунтовыми водами глубин выше критической возникает засоление. Для его предотвращения необходим дренаж. При незначительном боковом оттоке и перетоке через водоупор объем дренажных вод $w_{др}$ может быть подсчитан из следующих соображений. Объем оросительной воды обычно выбирается в соответствии с режимом орошения, определенным на основании сведений о водопотреблении культур. В результате Q известно. Тогда, задаваясь величиной a , по (2) находим H_a (рис. 3). Дренаж должен обеспечивать поддержание среднегодового уровня грунтовых вод на глубине H_a . Это означает, что $w/(u+w_{др})=1$ или с учетом $w/u=a$ $w_{др}=\frac{a-1}{a}w$. К найденной таким образом величине дренажного стока необходимо прибавить величину потерь из распределительной сети. В предыдущем примере без учета таких потерь $w_{др}=450 \text{ м}^3/\text{га}$.

Следует заметить, что соотношение (3) может служить для определения величины a по данным балансовых исследований. Действительно, по этим данным можно найти $\frac{\Delta g}{g}$ и r . Тогда при известных зависимостях w и u от глубины залегания грунтовых вод E_c и Q в равенстве (2)

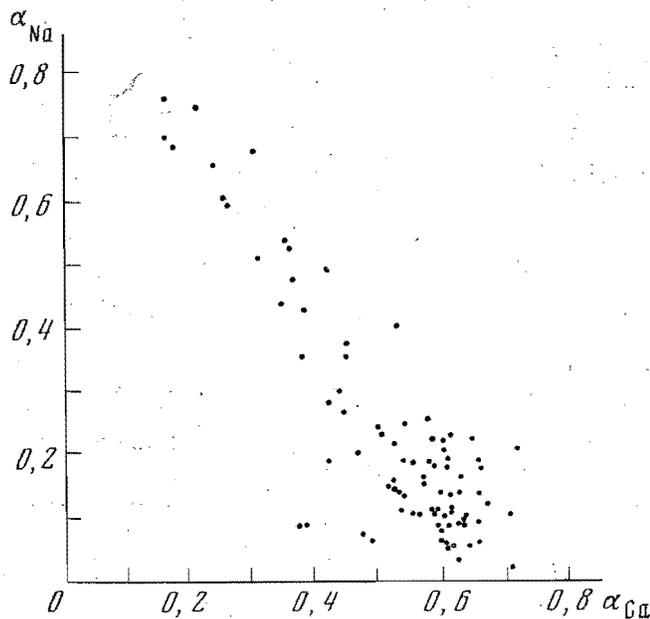


Рис. 5. Связь между безразмерными комплексами (обозначения в тексте)

есть только одна неизвестная величина — a , и это равенство оказывается уравнением относительно нее. Его решение: $a = \frac{u \ln r}{w \ln \left(\frac{\Delta g}{g} + r \right)}$.

При большом объеме фактических данных можно не только найти среднее значение a , но и установить для изучавшегося района зависимость a от G и γ , подобную аппроксимированной (2).

4. Процессы засоления — рассоления почв сопровождаются изменением химического состава солей. С точки зрения изучения возможности осолонцевания почв представляет интерес анализ соотношения одно- и

двухвалентных катионов в составе солей. В связи с этим в качестве определяющих параметров взяты содержания катионов в водной вытяжке c_{Na} , c_{Mg} , c_{Ca} , мг·эка/100 г почвы, и в соответствии с II-теоремой ($N=3$, $K=1$) при использовании теории размерностей достаточно ввести два безразмерных комплекса и изучать связи между ними.

В качестве этих комплексов возьмем миллиэквивалентные доли катионов Ca и Na — отношения содержания кальция и натрия к сумме катионов: $\alpha_{Na} = c_{Na} / (c_{Na} + c_{Mg} + c_{Ca})$, $\alpha_{Ca} = c_{Ca} / (c_{Na} + c_{Mg} + c_{Ca})$. Заметим, что водная вытяжка, для которой рассчитываются миллиэквивалентные доли, ниже дается как средневзвешенная по образцам, отобраным в верхней метровой толще. Миллиэквивалентные доли рассчитывались для почв ряда незасоленные обыкновенные и южные черноземы — солонцеватые черноземы — (лугово-черноземные почвы) по данным солевой съемки на неорошаемых площадях для территории второй очереди Нижне-Днепровской оросительной системы (Одесская обл., материалы института «Укрюжгипроводхоз» ММиВХ УССР) и для почв ряда незасоленные предкавказские черноземы — луговые темноцветные почвы — осолоделые солонцы — (солонцы-солончаки) по данным для территории Багаевско-Садковской оросительной системы (Ростовская обл., материалы ИАП АН СССР, МГУ им. М. В. Ломоносова, института «Южгипроводхоз» ММиВХ РСФСР). В обоих случаях обнаружилась тесная коррелятивная связь между α_{Na} и α_{Ca} . Например, для данных по Одесской обл. коэффициент корреляции между α_{Na} и α_{Ca} $R = -0,90$ с ошибкой 0,04, уравнение регрессии $\alpha_{Na} = 0,86 - 1,21 \alpha_{Ca}$ (рис. 5). Точки, изображающие отдельные разрезы, располагаются вдоль прямой, причем четко выделяются отдельные области, где в основном сконцентрированы точки, отвечающие определенным типам почв: при $0,5 < \alpha_{Ca} < 0,7$ встречаются в основном плакорные черноземы, область $0,2 < \alpha_{Ca} < 0,4$ соответствует лугово-черноземным почвам и т. д. Аналогичные результаты получены и для Ростовской обл.

При изображении в плоскости α_{Na} — α_{Ca} точек с орошаемых участков отмечается, что они располагаются близ той же прямой и испытывают отчетливые сезонные перемещения. К концу вегетационного периода увеличивается α_{Ca} , к концу невегетационного — α_{Na} . Смещение среднегодового положения точки в сторону уменьшения α_{Ca} свидетельствует об ощелачивании и некоторой солонцеватости орошаемых черноземов при невысокой общей засоленности.

Оценив по данным долгосрочных балансовых наблюдений зависимость от времени среднегодового положения изображающей точки на прямой, можно получить статистическую модель изменения во времени катионного состава. Подчеркнем, что речь идет о долговременных изменениях, не обязательно связанных с интенсивным засолением и, следовательно, трудноуловимых при анализе наблюдений за отдельные сезоны или наблюдений коротких временных рядов годичных балансовых исследований.

Приведенные примеры иллюстрируют преимущества применения методов теории размерностей к анализу мелиоративных условий. Такие методы могут быть применены к определению зависимостей питания грунтовых вод от глубины их залегания, суммарного водопотребления и объема водоподачи, объема и минерализации дренажных вод от других мелиоративных показателей и т. д. Следует лишь отметить, что в число рассматриваемых параметров должны входить все характеристики основных процессов, влияющих на исследуемый объект. При невыполнении этого условия искомая зависимость может и не обнаружиться. Список параметров должен определяться на основании опыта почвенно-мелиоративных исследований, что в значительной мере будет гарантировать полноту такого списка.

Выводы

1. На примерах показана целесообразность использования методов теории размерностей для оценки изменения почвенно-мелиоративных условий.

2. Найдены формулы для обработки опытных данных с целью нахождения зависимостей для прогноза величин минерализации верхнего слоя грунтовых вод, запасов солей в зоне аэрации и изменения во времени катионного состава водной вытяжки.

Литература

1. Баер Р. А., Лютаев Б. В., Кнафель В. Я. Методические указания по учету гидрогеологических условий при планировании режимов орошения на юге Украинской ССР. Одесса, 1973.
2. Баер Р. А., Лютаев Б. В. Оценка гидрогеолого-мелиоративного состояния земель как основа регулирования их водно-солевого режима в условиях орошаемой зоны Украины. В кн.: Матер. межведомств. совещ. по мелиорат. гидрогеол. и инженер. геол., вып. 2. М., 1972.
3. Барон В. А., Панин Ю. Г. Прогноз многолетнего режима минерализации поровых вод при орошении. «Недра», 1974.
4. Волобуев В. Р. Расчет промывки засоленных почв. «Колос», 1975.
5. Кац Э. Д. Исследование и прогноз режима и элементов баланса грунтовых вод орошаемых аллювиальных террас степной зоны на примере Нижне-Донской орошительной системы. Автореф. дис. М., 1972.
6. Ковда В. А. Биосфера, почвы и их использование. Матер. X Междунар. конгр. почвовед. М., 1974.
7. Кулик В. Я. Исследование впитывания воды в почву на основе теории размерностей. Тр. Гос. гидрол. ин-та. Л., Гидрометеоздат, 1967.
8. Лютаев Б. В. Обоснование оптимальных значений гидрогеологических показателей водно-солевого режима орошаемых территорий юга Украины. Автореф. дис. Киев, 1975.
9. Можейко А. М., Воротник Т. К. Гипсование солонцеватых почв УССР, орошаемых минерализованными водами, как метод борьбы с осолонцеванием этих почв. Тр. Укр. НИИ почвоведения, т. 3, 1958.
10. Панин П. С. Процессы солеотдачи в промываемых толщах почв. Новосибирск, «Наука», 1968.
11. Почвы аридной зоны как объект орошения. «Наука», 1968.
12. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике, М., 1957.
13. Хантли Р. Анализ размерностей. «Мир», 1973.
14. Харченко С. И. Гидрология орошаемых земель. Л., Гидрометеоздат, 1975.

Институт агрохимии
и почвоведения АН СССР

Дата поступления
20.I.1977 г.

L. V. PACHEPSKAYA, Ya. A. PACHEPSKY, E. G. MORGUN

USE OF DIMENSIONAL SIMILARITY METHODS FOR THE ANALYSIS OF CHANGES IN SOIL-RECLAMATIVE CONDITIONS DURING IRRIGATION

The validity and advantages of using dimensional theory methods in the analysis of relationships between parameters characterizing the salinization and desalinization processes of soils during irrigation have been shown. The use of dimensional theory methods allowed to obtain a series of relations for predicting soil salinization.