

УДК: 613.417

ХАРАКТЕР ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ПОЧВАМИ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИМИ УСЛОВИЯМИ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Чичулин А.В. - Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук,
Гюлалыев Ч.Г. - Институт Географии Национальная Академия Наук Азербайджана им. акад. Г.А.Алиева,
Герайзаде А.П. - Институт почвоведения и агрохимии Национальная Академия Наук Азербайджана

Используя базу данных о распределении почв в экологическом гидротермическом пространстве, методами теории подобия и анализа размерности изучены взаимосвязи между радиационным балансом R , среднегодовыми осадками P , суммарным испарением почвенной влаги E и границами почвенных общностей. В проекциях (E, P) и (E, R) единого трёхмерного пространства (E, P, R) установлено существование двух новых – центрально-симметричных структур, дополняющих уже известные гидро-и терморяды.

Ключевые слова: состав; влажность; температура; почва; теория подобия; симметрия.

Чичулін А.В., Гюлалієв Ч.Г., Герайзаде А.П. Характер взаємозв'язків між ґрунтами та гідротермічними умовами ґрунтоутворення

Використовуючи базу даних про поширення ґрунтів в екологічному гідротермічному просторі, методами подібності та аналізу вивчені взаємозв'язки між радіаційним балансом R , середньорічними опадами P , сумарним випаровуванням ґрунтової вологи E , та межами ґрунтових єдностей. В проекціях (E, P) та (E, R) единого трьохвимірного простору (E, P, R) встановлено існування двох нових центрально-симетричних структур, що доповнюють вже відомі гідро та терморяди.

Ключові слова: склад, вологість, температура, ґрунт, теорія подібності, симетрія.

Chychulin A.V., Gulaliev Ch.G., Gerazade A.P. Nature of the relationship between soils and hydrothermal conditions of soil formation

Using the database on the distribution of soils in the environmental hydrothermal space, we applied the methods of similarity theory and dimensional analysis to examine the relationship between the radiation balance R , average annual precipitation P , evapotranspiration and soil moisture E boundaries of soil communities. In projections (E, P) and (E, R) a single three-dimensional space (E, P, R) , the existence of two new centrally symmetric structures (E, P, R) , complementing the already known hydro and thermoranges was identified.

Key words: structure; humidity; heat; soil; similarity theory; symmetry.

Постановка проблеми. Почвенный покров обуславливает всестороннее понимание почвообразовательного процесса и, в глобальном масштабе, усиливает практическую значимость математического моделирования окружающей среды. Чтобы последовательно и корректно перевести на язык математики, выявленные эмпирические зависимости, прежде всего, следует найти эффективные способы обобщения известных (и более простых) теоретических законов [1, 2, 10, 12]. Потенциалом эвристической силы в этом отношении являются методы симметричного анализа [8, 12, 15, 16]. Их роль, как принципов теоретического исследования сложных систем, каким является и почва,

объясняется их интегрирующими возможностями [13, 8]. В целом методы теории подобия и анализа размерностей позволяют не только теоретически обоснованно расширить диапазон применимости существующих экспериментальных результатов, но и, в определенных случаях, сформулировать универсальные законы поведения этих систем.

Анализ последних исследований и публикаций. По нашему мнению, на основе теоретического осмысления почвенных и фито-климатических данных, с привлечением подобия гидротермических условий почвообразования, в работах В.Р. Волобуева [3, 4, 5] дано принципиально новое направление в экологии почв - энергетика почвообразования. Итогом этих работ является разработка гидротермической системы, выделение гидро- и терморядов, характеризующихся определенными градациями увлажнения и тепла. Оценивая значимость работы В.Р. Волобуева, многие авторы подчеркивают и ограниченную применимость его разработок [6, 9]. Авторы этих работ считают, что вряд ли можно подобрать универсальный коэффициент, отражающий связь географии почв и климата. Во-первых, гидротермические условия влияют на почву как непосредственно, так и косвенно, через растительность, рельеф, породы, минералогический, гранулометрический и органический составы, увлажненность, температуру и т.п., приводя к сложной и нелинейной зависимости климатических условий. Во-вторых, потому, что усредненные значения отдельных факторов, которые используются в этих коэффициентах, не отражают внутригодовых изменений теплового режима и увлажнения, приводящих к еще большему разнообразию этих совокупностей.

Это совершенно верные соображения, но подчеркнем, что относятся они только к гидротермическим коэффициентам, построенным на принципах простого подобия. Мы полагаем, что потенциал работ В.Р. Волобуева еще не полностью реализован по причине существования в них ряда логических пробелов, часть из которых может быть устранена посредством применения теории нечетких множеств [10, 17]. Эта процедура связана с энергетическим представлением почв в многомерном пространстве с использованием данных различных проекций на различные координатные системы отчета, в частности в трёхмерном пространстве состояний (E - суммарного испарения, P - годовой суммы атмосферных осадков, R -радиационный баланс) и систематическим изучением характера их распределения в различных проекциях этого пространства.

Материалы и методы. В настоящей работе, сделана попытка, используя базу данных, накопленную В.Р. Волобуевым и предлагаемую методику энергетического представления почв в трёхмерном пространстве, более детально изучить характер взаимосвязей между почвами и гидротермическими условиями почвообразования.

Изложение основного материала исследований. Оцифровав данные рис. 3 в работе [5], принимаем полученные значения за исходные данные. Рассматривая R и P как независимые, а E как зависимую переменные, мы предполагаем что при изменении испарения E одновременно выполняются условия подобия как по отношению к P так и по отношению к R . На основании фундаментального результата относительно структуры уравнений, обеспечи-

вающих безусловное подобие [7, 8] функциональную связь между переменными ищем в форме степенного комплекса:

$$E(R, P) = AR^\alpha P^\beta \quad (1)$$

где A - произвольная постоянная. Факт непрерывного изменения физического механизма испарения во всем диапазоне изменения R и P учитываем посредством учета зависимости показателей размерности α и β от E . Кроме того, предполагаем, что в двух предельных случаях $P \rightarrow \infty$ и $R \rightarrow \infty$ функция $E(P, R)$ асимптотически стремится к насыщению P_0 и R_0 соответственно. Эти предположения окончательно приводят к модели следующего вида:

$$E = A(R(P, E) - R_0)^{\alpha(E)} (P - P_0)^{\beta(E)} \quad (2)$$

где первое граничное условие $R_0 = R(E)$ - определяется из уравнения (3) в настоящей работе, а второе граничное условие $P_0 = E$ для заданного E , определяется из уравнения (4). Аппроксимация исходных данных уравнением (2) показало, что коэффициент корреляции между исходными и расчетными данными по (2) для диапазона $50 \leq E \leq 1100$ в целом равен 0.955.

Показатели размерности $\alpha(E)$ и $\beta(E)$, обобщенным образом отражая изменение механизма испарения почвенной влаги и транспирации в различных условиях, обладают характерными зависимостями [5] и позволяют на их основе провести самую общую группировку почв. И.А.Соколов [14] отмечает, что самой общей закономерностью, позволяющей разделить экологическое пространство, в котором существует педосфера, является обособление трех принципиально разных почвенных миров, или педокосмов, аридного, гумидного почвообразования и мира почв сбалансированного увлажнения. В работе [5] эти педокосмы выделяются достаточно четко. Диапазон испарения от 0 до 300 мм – аридная зона, диапазон испарения от 850 мм до 1100 мм – зона гумидных почв. Почвы сбалансированного увлажнения характеризуются неустойчивым сочетанием характеристик по большинству почвенных параметров, что находит отражение на графике - при среднегодовом испарении 300 – 850 мм происходит наиболее сильное изменение показателей размерности $\alpha(E)$ и $\beta(E)$. Зависимость этих показателей при E выше 1100 мм является экстраполяцией.

Таким образом, уже на стадии применения теории подобия к анализу зависимости $E(R, P)$, результаты свидетельствуют о ее возможности учитывать реальную специфику почвообразовательных процессов. В данном случае - закономерное изменение механизмов суммарного испарения, отражаемое поведением функций $\alpha(E)$ и $\beta(E)$ во всем диапазоне изменения гидротермических условий. На этой основе оказалось возможным провести самую общую группировку почв в трех педокосмах.

Анализируя данные по изменению испарения в связи с радиационными условиями и среднегодовыми осадками, В.Р. Волобуев вывел первое универсальное уравнение, выражающее изменение испарения в связи с радиационным балансом в условиях высокого природного увлажнения:

$$E = 50R^{0,67} \quad (3)$$

В дальнейших теоретических рассуждениях им показана высокая значимость этого уравнения в группировке почвенных общностей. По существу это уравнение с различными коэффициентами определяет одну серию структурных взаимосвязей между почвенными общностями, которые В. Р. Волобуев назвал гидрорядами. По определению В.Р.Волобуева [5], гидроряды представляют собой показатели эффективного увлажнения и образованы из отношений двух величин одинаковой размерности – осадков при данных условиях к испарению при высоком увлажнении и условию $R = const$. Уравнение (3) мы приняли за первое граничное условие для модели (2).

Из физических соображений следует, что в условиях неорошаемого земледелия, при достаточном количестве тепла не может испариться воды больше чем выпадает осадков, поэтому мы приняли второе граничное условие:

$$E = P \quad (4)$$

Далее будет показано, что уравнение (4), также как и (3), играет важную роль в установлении структурных взаимосвязей между почвенными общностями.

Специфика расположения почвенных общностей в этих проекциях показала что, во-первых, обе функции играют одинаково важную роль в процедуре группировки почв в гидротермическом пространстве [14], а во-вторых, возможность фенологического определения новых, ранее не отмеченных, структурных взаимосвязей почвенного покрова.

Представив почвенные общности в двойном логарифмическом масштабе (рис.1), становится очевидным существование не двух, а трех серий универсальных кривых – степенных функций, определяющих различные условия подобия [7].

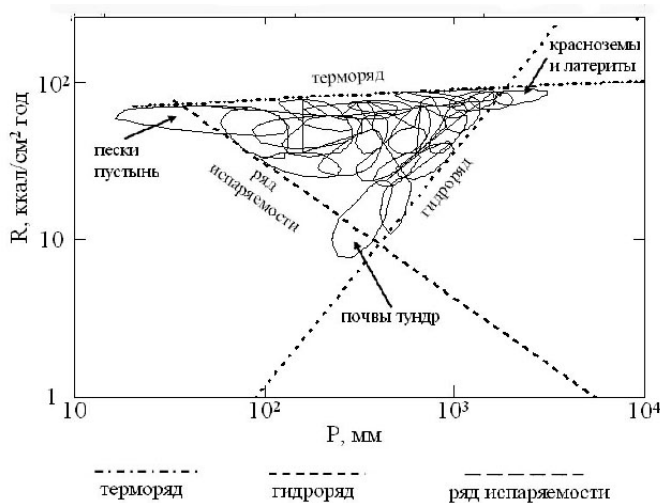


Рис. 1. Взаимное расположение ареалов почвенных общностей и пограничных рядов: гидроряда, терморяда и ряда испаряемости.

Взаимное расположение ареалов почвенных общностей, обозначено сплошными замкнутыми контурами. На рисунке приведены по одной граничной функции из каждой серии, характеризуемых постоянными показателями

степеней. При этом одна из сторон (правая) явно обозначившегося треугольника идет параллельно гидрорядам. Верхняя сторона оказалась очень близкой к терморядам.

С долей условности серию линий, параллельных этой стороне, мы назвали рядами испаряемости, в силу того, что с некоторым приближением их общий ход следует ходу кривых испарения. Т.е гидроряды (5), терморяды (6) и ряды испаряемости (7) являются степенными функциями и фиксируют существование подобия вдоль внешних ($i = 1$) и внутренних границ ($2 \leq i \leq 7$) почвенных общностей. Приведем их явный вид.

Гидроряды:

$$RG(P) = NG_i P^{1.49}, \text{ где } NG_i = .574(2.136)^{i-1} 10^{-3} \quad (5)$$

Терморяды:

$$RT(P) = NT_i P^{0.06}, \text{ где } NT_i = 8.661i - 0.357 \quad (6)$$

Ряды испаряемости:

$$RI(P) = NI_i P^{-0.85}, \text{ где } NI_i = 2^{i-1} 10^3 \quad (7)$$

Коэффициенты в этих уравнениях (справа) образуют закономерные последовательности. Для гидрорядов (5) и рядов испаряемости (7) – это геометрические прогрессии, для терморядов – линейная зависимость. Они были получены путем сканирования соответствующими уравнениями всей плоскости почвенных общностей. Индекс i , здесь и далее, обозначает номер соответствующего ряда.

Поставив в соответствие каждой точке (R, P) величину E , рассчитанную по (2), мы получили возможность представить почвенные общности в трехмерном изображении, которое в дальнейшем будем называть энергетическим представлением почв. Изучив это представление в разных проекциях (E, R) и (E, P) , и воспользовавшись вышеописанной процедурой сканирования, в расположении почвенных общностей были обнаружены новые закономерности, а именно - две серии центрально-симметричных зависимостей, названные нами рядами центральной симметрии 1 и 2 (рис. 2).

На рис 2. взаимное расположение почвенных общностей, обозначено замкнутыми сплошными линиями и первой серии центрально-симметричных рядов, пронумеровано римскими цифрами в проекции $(\ln(E), \ln(R))$ энергетического представления почв. (Гидроряды нанесены жирными сплошными линиями и пронумерованы арабскими цифрами. Координаты центра симметрии 1: $E = 1027$ мм, $R = 89.3$ ккал/см² год или их логарифмы: $\ln(E) = 6.934$, $\ln(R) = 4.492$. График уравнения В.Р. Волобуева (4) нанесен жирной штриховкой. Углы наклона центрально-симметричных рядов образуют линейную последовательность между симплексом 1 и 7-м терморядом.

При этом оказалось, что ряды 1 сходятся к центру 1 с координатами $E_{01} = 1027$ мм, $R_{01} = 89.3$ ккал/см² год (сочетание гидротермических условий «влажно – тепло»), в то время как ряды 2 – к центру 2, расположенному в начале координат $E_{02} = 0, R_{02} = 0$ (сочетание «сухо – холодно»). Физический смысл центров симметрии заключается в фиксации пределов глоба-

льного екологічного діапазона існування ґрунтів [6] - естественних мінімальних і максимальних значень величин E, R, P при яких ще можливо протікання ґрунтоутворювального процесу. Урівняння для центрально-симетричних залежностей мають наступний вигляд.

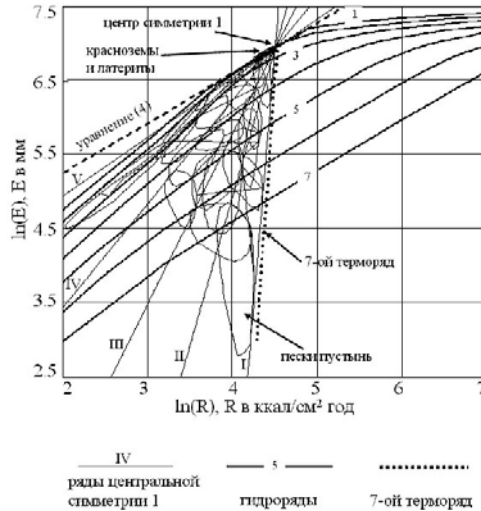


Рис. 2 Взаимное расположение почвенных общностей и первой серии центрально-симметричных рядов энергетического представления почв.

Центральная симметрия 1 (рис. 3):

$$\ln(E) = \ln(E_{01}) + NC1_i(\ln(R) - \ln(R_{01})) \quad (8)$$

при этом коэффициенты $NC1_i$ являются показателями размерности и определяются из линейного уравнения:

$$\ln(\text{Arctg}(NC1_i)) = 0.492 \ln(i) - 0.393 \quad (9)$$

Коэффициент корреляции экспериментальных данных и рассчитанных по (10) равен $corr = 0.996$. Коэффициенты в уравнениях, описывающих линейные ряды центральной симметрии 2, с показателями размерности равными 1:

$$NC2_i = (.177i + .315)10^3 \quad (10)$$

с коэффициентом корреляции $corr = 0.998$. Ниже дан качественный анализ общих свойств рядов центральной симметрии в их сопоставлении с гидро- и терморядами.

Поскольку по своему физическому смыслу постоянные показатели размерности в уравнениях (5) – (7), (9), (10), описывающих серии различных рядов, в обобщенном виде характеризуют однотипные масштабные преобразования структуры единого почвообразовательного процесса при изменении гидротермических условий, то из их поведения (рис. 2, 3) вытекает ряд качественных выводов.

Изучение проекции трёхмерного пространства $(\ln(E), \ln(R))$ состояний

почв (E, P, R) (рис.2, 3) приводит к установлению конкретного физического закона для ареалов распространения красноземов и латеритов.

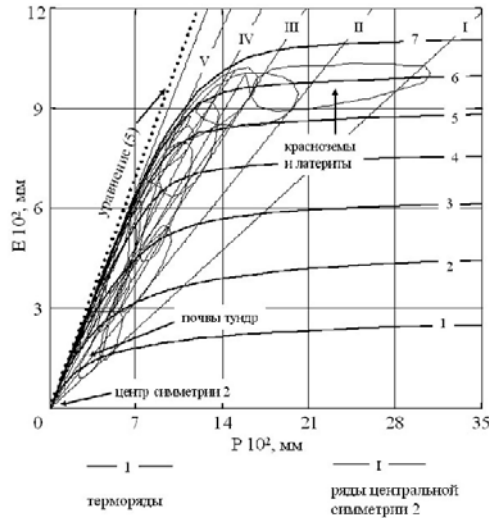


Рис. 3 Взаимное расположение почвенных общностей и второй серии центрально-симметричных рядов энергетического представления почв.

На рис. 3 взаимное расположение почвенных общностей, обозначенно замкнутыми сплошными линиями и второй серии центрально-симметричных рядов, пронумеровано римскими цифрами в проекции (E, P) энергетического представления почв. Терморяды обозначены жирными сплошными линиями и пронумерованы арабскими цифрами. Центр симметрии 2 совпадает с началом координат. График уравнения (5) нанесен жирными точками. Продемонстрировано, что если гидроряды с большими номерами (6, 7) идут параллельно графику уравнения (3), то гидроряды с меньшими номерами, постепенно изгибаясь, прижимаются к этому графику в области центра симметрии (1) так, что гидроряды с номерами 2 и 1 практически сливаются с ним. Это означает, что величина испарения для почв, находящихся в этой области, при уменьшении номера гидроряда все слабее зависят от осадков. Поскольку в этой проекции ареалы красноземов и латеритов практически сливаются с универсальным уравнением (3), это означает, что из перечня существенных для данных почв параметров можно исключить осадки P и утверждать инвариантность испарения для красноземов и латеритов по отношению к осадкам. В теории подобия такие области называются автомодельными.

Аналогичные результаты вытекают из анализа проекции (E, P) 3-х мерного пространства состояний почв в отношении аридных почв. Ареалы песков пустынь и сероземов сливаются с универсальным уравнением (4). Это означает инвариантность испарения по отношению к переменной R (переменная R становится несущественной). Таким образом, уравнением, описывающим распространение песков пустынь и сероземов в проекции (E, P), является (5).

Кроме того, ареалы бурых почв полупустынь и каштановых почв Африки [5], с небольшим разбросом данных, совпадают с уравнением седьмого ($i = 7$) терморяда а ареал черных почв саванн и тропических прерий – с уравнением шестого терморяда ($i = 6$). Поэтому можно утверждать, что для этих почв выполняется приближенная инвариантность E по отношению к R и слабая зависимость испарения от радиационного баланса.

Таким образом, по аналогии с законом максимальной топогенной дивергенции почвообразования [14]: в аридном климате основное разнообразие направлений почвообразования обусловлено рельефом; литогенный спектр направлений почвообразования сравнительно узок, можно сформулировать вторую закономерность: в экстремально аридных условиях основное разнообразие направлений почвообразования обусловлено осадками. Чисто термический спектр направлений почвообразования сравнительно узок.

Выводы. Применением теории подобия к анализу зависимости испарения E от R и P , показана возможность учитывать реальную специфику почвообразовательных процессов через функций $\alpha(E)$ и $\beta(E)$, и провести общую группировку почв по трем педокосмам.

Фенологически установлено, что в различных проекциях энергетического представления почвенных процессов в дополнении к известным гидро – и терморядам, существуют новые, центрально-симметричные, структурные взаимосвязи. Гидро - и терморяды, и испаряемость описываются симметриями простого подобия (со своим показателем размерности) и объединяют системы почвообразовательных процессов с однотипными внутри - структурными связями. В отличие от них, центрально-симметричные зависимости (с центром 1) объединяют в одну серию почвообразовательные процессы с различной внутрискруктурной организацией почвенных микропроцессов. Новые центрально-симметричные закономерности определяют существование центров симметрий, которые имеют физический смысл предельных условий существования почв.

Как в экстремально гумидных, так и экстремально аридных гидротермических условиях различные направления почвообразования представляют собой единый обобщенный случай - одну группу подобных между собой явлений. В частности ареалы почв пустынь и сероземов в энергетическом представлении представляют собой области автомодельности существующих там процессов почвообразования. Это утверждение относится и к ареалам красноземов и латеритов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Акчурин И.А. Единство естественно-исторического знания. М.: Наука, 1974.- 207 с.
2. Акчурин И.А. Симметрия как принцип динамической унификации физики. Принципы симметрии. М.: Наука, 1978. - С.-122–140.
3. Волобуев В.Р. Климатические условия и почвы // Почвоведение. 1956.- N4. С.- 24–37.
4. Волобуев В.Р. Система почв Мира. Баку: Элм, 1973. - 307 с.

5. Волобуев В.Р. Введение в энергетику почвообразования. М.: Наука, 1974. -128с.
6. Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. М.: Высшая школа, 1981. - 400 с.
7. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. М.: Высшая школа, 1973. - 296 с.
8. Кутателадзе С.С. Анализ подобия в теплофизике. Новосибирск: Наука, 1982.- 280 с.
9. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во МГУ, 2004.- 460с.
10. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. Пер. с франц. - М.: Радио и связь. 1982. -432 с
11. Овчинников Н.Ф. Тенденция к единству науки. Познание и природа. М.:Наука, 1988. -272 с.
12. Принцип симметрии. Историко-методологические проблемы. М.: Наука, 1978. – 398 с
13. Резанов И.А. История взаимодействия наук о Земле. М.: Наука, 1998.- 223 с.
14. Соколов И.А. Теоретические проблемы генетического почвоведения. Новосибирск. 2004.- 288 с.
15. Чичулин А.В., Елизарова Т.Н., Магаева Л.А. Факторно-экологическая модель энергетики почвообразования. Сиб. экол. журн. (3) 2001. С.- 315 - 318.
16. Чичулин А.В. Пространственно-временные симметрии в физике почв.//Сиб. экол. журн. 2010. - N 3. С.- 389-398.
17. Zadeh, L. A., *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning*. Information Sciences, Vol. 8, pp. 199—249, 301—357; Vol. 9, pp. 43—80. (1975).

УДК: 635.64:631. 52: 631.67 (477.7)

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ ТОМАТУ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ГІБРИДНОГО СКЛАДУ ТА ГУСТОТИ СТОЯННЯ В УМОВАХ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

*Щербань А.А. – магістр, ДВНЗ «Херсонський ДАУ»
Берднікова О. Г. - к.с.г. н, доцент,
ДВНЗ «Херсонський ДАУ»*

В статті наведені дослідження формування продуктивності гібридів томату в залежності від гібридного складу та густоти стояння в умовах зрошення Півдня України. Вважається, що одним з основних шляхів підвищення врожайності є підвищення густоти стояння. Однак необхідно пам'ятати, що за надмірного загущення рослин погіршуються структура врожаю та зменшується площа живлення однієї рослини, що значно впливає на ефективність використання родючості, сонячної енергії, температурного та водного режиму ґрунту та інших складових. Саме тому нами було прийняте рішення щодо проведення досліджень у цьому напрямку.