

ОПРЕСНЕНИЯ ПОЧВЫ И НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

К.А. Seyitkazieva, V. Magaiiya kizi

DELINATION OF THE SOIL AND SOME OF THE PHYSICAL AND CHEMICAL PROCESSES

УДК: 631. 632

В работе приведены отдельные модели переноса солевых частиц и их аналогии.

The paper presents some models carry salt particles and their analogues.

Наибольший интерес представляет выявление аналогий в процессах миграции солей в почве и детально изученных явлений в фундаментальных науках. Для выводов по аналогии важно установить связь механизма явления с особенностями его протекания. Заключение могут следовать от общности течения процесса, и, наоборот, от общности хода процесса к общности механизмов. Более часты случаи, когда удается выявить аналогию в характере процессов, механизмы явлений остаются непознанными.

В физике детально исследован процесс радиоактивного распада. Сущность его заключается в том, что количество атомов  $dA$ , распадающихся за время  $dt$ , пропорционально числу атомов  $A$  и величине промежутка времени [1-5, 9,10].

После интегрирования имеет закон радиоактивного превращения:

$A = A^0 \cdot e^{-p \cdot t}$ , (1), где,  $A^0$  количество нераспавшихся атомов в начале процесса,  $A$  - количество нераспавшихся атомов в момент времени  $t$ ,  $p$  - вероятность распада одного атома в единицу времени - постоянная распада.

Убыль числа радиоактивных атомов  $A$   $e$  определяют из выражения

$$A^e = A^0 - A = A^0 (1 - e^{-p \cdot t}) \quad (2)$$

Многие физические явления, важные для науки и техники, характеризуются взаимодействием частиц в виде столкновений. Сталкивающимися частицами могут быть самые различные тела: от элементарных частиц до тел, имеющих внутреннюю структуру. Основными понятиями теории столкновения являются: сечение, мишень, частица-снаряд и др.

Некоторые выводы теории столкновений и закономерность опреснения почвы по глубине также описываются одинаковыми уравнениями. Покажем это. Если направить поток частиц-снарядов на мишень, представляющую слой некоторого вещества малой толщины  $dx$ , то в результате взаимодействия с частицами мишени некоторые, либо вообще исчез-

нут. Относительное изменение плотности потока

частиц - снарядов составляет [6,7-10]:  $-\frac{dI}{I} = \delta \cdot ndx$

Интегрированием получают такую зависимость:

$$I = I_0 e^{-\mu \cdot x} \quad (3)$$

Закономерности, описываемые уравнениями (1) и (3), аналогичны. В данном случае имеет место сходство не только кинетики сравниваемых процессов, но и, в определенной степени, механизма явлений.

Из других физических процессов, закономерность которых описывается уравнениями вида (1) и (3), можно назвать закон Бургера, характеризующий поглощение света, закономерность затухания силы звука, закономерность затухающих колебаний, барометрическую формулу. Имеется аналогия и с некоторыми важнейшими явлениями, рассматриваемыми в химии. Прежде всего можно допустить, что химическая реакция и опреснение промываемой почвы имеют много общих черт. Действительно, со статической точки зрения, как реакция, так и опресненные почвы, протекают одновременно в сторону равновесия, и в противоположном направлении. Многие химические реакции также состоят из совокупности нескольких стадий.

Опреснение почвы можно рассматривать как бы реакцию взаимодействия некоторых молекул промывной воды адсорбированных ионов, в результате которого последние переходят в почвенный раствор. Реакция заключается, таким образом, в переходе частицы в раствор и последующей вынос ее из заданного слоя почвы. Скорость протекания сравниваемых процессов определяется концентрацией веществ. Указанное взаимодействие осуществляется путем столкновений, часть которых приводит к реакции.

Скорость мономолекулярной реакции описывают уравнением [8-10]:  $\frac{dx}{dt} = k(a-x)$  где,  $a$  - количество молей веществ в начальный момент времени;  $x$  - число молей прореагировавшего вещества к моменту  $t$ ;  $k$  - константа скорости химической реакции.

Из этого уравнения легко определить количество непрореагировавшего вещества к моменту времени  $t$   $a - x = a e^{-kt}$ , (4)

Или количество вещества, вступившего в реакцию:  $x = a(1 - e^{-kt})$ , (5)

Однотипность уравнений (4) и (1) очевидна. Рассматриваемые аналогии в данном случае более широкие. Совпадают не только кинетические уравнения, но и механизм явлений. В частности, обратимость реакции подобна актам сорбции-десорбции частиц, имеющим место при промывке почвы. Скорость процесса и в том, и в другом случае определяется числом соударений с энергией, не меньшей энергии активации. Количество их можно вычислить по уравнению Аррениуса [10]:

$$K = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (6)$$

где,  $K$  – константа скорости реакции;  $A$  – коэффициент, учитывающий число соударений и др. факторы;  $E_a$  – энергия активации;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – температура.

Применяя уравнение Фоккера-Планка в физической химии, определяют скорость перехода  $j$

частиц через барьер  $Q$  [10]: 
$$j = \frac{avB}{2\pi} e^{-\frac{Q}{kT}}, \quad (7)$$
 где,  $B$  – подвижность частицы;  $a$  и  $v$  – ширина потенциальной ямы и барьера.

Зависимость числа  $n$ , находящихся в потенциальной яме, от времени  $t$ , описывается уравнением:  $n = n_0 e^{-jt}$ , (8), где,  $n_0$  – исходное число частиц в яме. Эти уравнения аналогичны выше рассмотренным, и они характеризуются физической сущностью процесса.

В химической технологии для оценки неравномерности потока, обусловленной многим причинами, применяют специальные функции распределения, которые отражают однозначное соответствие положения частицы потока и некоторого характерного для нее промежутка времени [4]. Эти функции рассматривают как вероятности. Если рассматривать перемещение в орошаемой отдельных ионов (или молекул, или атомов) – далее будем называть их «частицами», – то движение их будет крайне неупорядоченным в силу причин, описанных выше. Внешне оно сходно с броуновским движением. Но если проследить за большим количеством частиц, то их совокупность начинает обнаруживать определенные закономерности.

В случае промывки распределение (8) принимает форму явного канонического распределения, если  $t$  заменить на  $N$  (промывная норма). Объем воды  $N$ , пройдя сквозь почву, сообщает частицам некоторую дополнительную энергию, за счет которой они перемещаются. В зависимости от величины  $N$  реализуется соответствующее статистическое орошаемой почвы, количественное выражение которого определяется относительным засолением. Разные почвы под действием одной и той же промывной нормы приводят к неодинаковому их состоянию. Это различие учитывается с помощью коэффициента « $p$ », статистический и физический смысл которого будет рассмотрен ниже. Покажем, что формула (8) может быть получена также путем

обобщения результатов экспериментальных исследований. Многочисленными опытами было установлено, что разные объемы воды, последовательно прошедшие сквозь почву, вымывают одну и ту же долю соответствующего остатка солей. Например, А.Н.Розов считает, что каждая промывная норма, равная предельной полевой влагоемкости, вытесняет 40-50% предшествующего остатка солей. Следовательно, одним кубометром промывной воды выносятся тем больше солей, чем выше их исходное содержание, т.е. интенсивность солеудаления пропорциональна начальному засолению почвы. Этого факта достаточно для вывода формулы, характеризующей процесс опреснения почвы при промывке. Экспериментальную закономерность математически можно представить так:

$$\frac{dS}{SdN} = const, \quad (9)$$

Если скорость фильтрации при промывке равна  $V$ , и она не изменяется во времени, то имеет место равенство:  $dN = V \cdot dt$ , (10)

Последнее соотношение позволяет оперировать на объемами воды  $dN$ , а пропорциональными им величинами интервалов времени  $dt$ . Такая замена позволяет перейти от факторного анализа явления к процессному. Следовательно, экспериментальную закономерность можно записать и так:

$$\frac{dS}{Sdt} = \frac{d(\ln S)}{dt} = const, \quad (11)$$

Интересно отметить, что А.И. Перельманом [4,8] еще в 1940 г. была предложена такая зависимость для характеристики  $P_x$  – интенсивности

миграции элемента « $x$ »: 
$$P_x = \frac{1}{B_x} \cdot \frac{dB_x}{dt}, \quad (12)$$
 где,  $B_x$  – общее количество атомов в элементе,  $dB_x$  – количество атомов, перешедшее в подвижное состояние за время  $dt$ .

Аналогия двух последних формул, позволяет считать рассматриваемую закономерность не только соответствующей действительности, но и имеющей общий характер в природе. Таким образом, в геохимии постоянную в уравнении (12) называют «интенсивностью миграции». По-видимому, более правильным было бы название коэффициента интенсивности миграции.

Интегрирование уравнения (11) при условиях  $t = 0$ ,  $S = S_0$  приводит в такому решению:  $S = S_0 e^{-pN}$ , где  $p$  – обозначена константы в уравнении (11).

Следовательно, обобщение экспериментальных данных вновь приводит к рассмотренному результату, что свидетельствует о правильности анализа явления. Полученная одно параметрическая модель промывки позволяет прогнозировать степень опреснения почвы во времени и вычислять соответствующие затраты воды на промывку. Основным параметром ее – постоянную  $p$  – можно называть коэффициентом скорости опреснения, и определять экспериментально.

Статистические закономерности хорошо соответствуют опыту лишь при большом количестве частиц, участвующих в процессе. В противном случае, относительная флуктуация  $\delta = I / \sqrt{N}$ , где  $N$  - число частиц, может увеличиваться и приводить к отклонению прогнозных величин от опытных. Поэтому пределами применимости полученной формулы, по-видимому, можно считать крайние величины исходного и допустимого засоления почвы, назначена» В.Р.Волобуевым [4]. В теории вероятностей хорошо известен так называемый пуассоновский процесс, который описывается уравнением:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}, \quad (13) \quad (k=0: 1: 2 \dots)$$

Пуассоновский процесс описывает число некоторых случайных событий, происходящих во временном промежутке или промежутки времени между последовательными событиями, т.е. характеризует некоторый однородный поток независимых событий, происходят во времени. Будем определять не распределение вероятностей выноса количества солей, кратных «К», а вероятности сохранения их в почве определенной мощности в зависимости от  $t$ , т.е. будем полагать  $K = 0$ . Исследуемое событие заключается, таким образом, в сохранении того или иного количества солей в почве при ее промывке по единой технологии.

В этом случае распределена вероятностей будет описываться уравнением:  $P_k(t) = e^{-\lambda t}$ , (14), где,  $\lambda > 0$  и постоянная величина для данного процесса. Распределение случайных величин, следующее из основной закономерности опреснения почвы, и пуассоновский процесс (последнее уравнение) в математическом отношении аналогичны они характеризуются одним уравнением. Поэтому, свойства пуассоновского процесса должны быть присущи и закономерности опреснения почвы. Наиболее характерными свойствами пуассоновского процесса являются [4]: однородность (стационарность) процесса, заключающаяся в неизменности

вероятности для всех промежутков времени одинаковой деятельности; отсутствие последствия, выразившееся в независимости приращения функции в неперекрывающихся интервалах времени; ординарность потока утверждавшее невозможность совмещения двух или большего количества событий в бесконечно малом интервале времени.

Орошаемые земли в нашей стране приурочены полностью к аридной зоне, характерной особенностью которой является широкое распространение засоленных почв. Одним из основных мелиоративных мероприятий при освоении и эксплуатации таких участков под земледелие является уменьшение содержания солей в корнеобитаемом слое почвы до количества, не оказывающего отрицательного воздействия на растения.

#### Литература:

1. Герасимов И.П. Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения. М.: 1976, -297 с
2. Розов. Л.П. Мелиоративное почвоведение. М.: Сельхозгиз, 1956,-440 с
3. Рабочев И.С. Мелиорация засоленных почв. Ашхабад, 1964, -289 с
4. Волобуев В.Р. Расчет промывки засоленных почв. М.: 1975,-71 с
5. Курс физической химии. Т. 2/ Под ред. Я.И. Герасимова М.: 1973, - 623 с
6. Мариночкин А.С., Пеньковский В.И. К определению промывных норм при капитальных промывках// Почвоведение. 1975. №12, С. 57-62
7. Моделирование и управление водно-солевым режимом почв. Алма-Ата, 1976, - 180 с.
8. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. 2-е изд., 1975, - 340 с
9. Сейткадиев А.С. Технология промывки засоленных почв // Вест, сельхоз. науки Казахстана, 1990. № 8, С. 88- 92.
10. Баженов М.Г., Сарсенбаев М.Х. «Регулирование водно-солевого режима земель рисовых систем». - Алма- Ата.

Рецензент: д.т.н., профессор Татыбеков А.Т.