

Выводы

1. Причиной засоления ирригационно-гидроморфных почв Южного Урала является изменение естественного водного режима автоморфных чернозёмов под влиянием орошения в условиях недостаточной дренированности территории. Инфильтрационные потоки влаги за пределы биологически активного слоя этих почв обуславливают ирригационный подъём УГВ и капиллярно восходящее движение солевых растворов к испаряющей поверхности.

2. Прирост солей в биологически активном слое ирригационно-гидроморфных почв тесно связан с объёмом капиллярного притока солевого раствора из ГВ, критическая глубина которых находится в пределах 164...200 см. Засоление ирригационно-гидроморфных почв происходит под влиянием накопления хлоридов и сульфатов натрия.

3. В орошаемой лугово-чернозёмной почве со сравнительно низким УГВ капиллярный приток влаги имеет место в ограниченный период времени, именно при смыкании КК с биологически активным слоем почвы. В результате этого привнос солей невелик и почва остается незасоленной. В орошаемой луговой почве КК внедряется в биологически активный слой и объём поступления солей заметно возрастает. Максимальное поступление влаги и солей из ГВ наблюдается при условии смыкания КК грунтовых вод с дневной поверхностью, что характерно для влажно-луговой почвы.

4. Уменьшение ресурса водообеспеченности обуславливает усиление притока солей из ГВ при всех УГВ. Так, при УГВ = 1 м поступление солей при обеспеченности осадков $P = 5\%$ составляет 6,78 т/га, при 50 % - 9,8 т/га и при $P = 95\%$ - 13,32 т/га. Аналогичная закономерность наблюдается и при УГВ = 1,5...2 м. При понижении УГВ до 2 м поступление солей из ГВ в биологически активный слой почв резко сокращается. Так, при $P = 5\%$ и УГВ = 2 м оно понизилось до 0,1 т/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых почв. - М.: Колос, 1978.
2. Гедройц К.К. Избранные сочинения. Том 1. - М.: Гос. изд-во с.-х. литературы, 1955.

3. Егоров В.В. Засоление почв и их освоение. - М.: Изд-во АН СССР, 1954.

4. Ковда В.А. Проблемы борьбы с опустыниванием и засолением орошаемых почв. - М.: Колос, 1974.

5. Минашина Н.Г. Токсические соли в почвенном растворе, их расчет и классификация по степени засоления // Почвоведение. - 1970. - №8.

6. Панов Г.А. Мощность биологически активного слоя чернозема обыкновенного // Сб. научн. тр. Вып. 1. - Челябинск, 1999.

7. Полынов Б.Б. Избранные труды. - М.: Изд-во АН СССР, 1956.

УДК 504.53.06

РЕЖИМ ПРОМЫВКИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ОТ ЦЕЗИЯ

СВ. ВАСИЛЕНКОВ, канд. техн. наук (Брянская ГСХА)

Как известно, радиоактивные элементы находятся в почве в виде водорастворимых соединений в сорбированном состоянии, из которого они могут переходить в почвенный раствор по механизму ионного обмена, в необратимо сорбированном виде, переходящим при определенных условиях в обратимые, и прочно стабильные фракции, при обычных условиях не переходящие в подвижное состояние. Основная стадия процесса растворения, десорбции ионов происходит в слое связанной воды - на границе контакта с почвенными коллоидами [1]. Связанная вода является барьером для перехода ионов из твердой фазы в свободную воду, и их подвижность на границе раздела фаз зависит от плотности почвенного раствора. Плотность связанной воды достигает 1,2...1,8 г/см³, вязкость - 0,8 ПЗ, диэлектрическая постоянная 2...3 [2]. Отсюда следует, что для промывки почв, загрязнённых радиоактивными элементами, необходимо создавать такой гидравлический режим фильтрации, который разрушал бы структурированный слой связанной воды, заменяя его быстрым беспорядочным движением частиц воды, и ускорял медленную диффузию молекул радионуклидов.

Наши опыты по промывке почвы, образцы которой были отобраны на

территории п. Колодезский (зона отселения после аварии на Чернобыльской АЭС) в Новозыбковском районе Брянской области, проводились на приборе Дарси. Почва дерново-подзолистая, песчаная, пылеватая, наиболее распространенная в районах радиоактивного загрязнения области. Начальное содержание цезия-137 в образцах почвы - от 2300 до 11300 Бк/кг. До настоящего времени 95 % радионуклида не выходит за пределы верхнего слоя почвы (5...7 см), поэтому при опытах промываемые слои почвы принимались равными 3; 4; 4,5; 5 и 5,5 см. Предварительно почву высушивали, измельчали, просеивали через сито с отверстиями диаметром 1 мм, определяли плотность в насыщенном виде и без уплотнения засыпали в прибор Дарси.

Промывку вели по циклам одинаковой продолжительности (4 - 5 сут) с перерывами для высушивания почвы и определения её радиоактивности. На поверхности почвы автоматически поддерживался постоянный слой воды (5 см). Число циклов в разных опытах составляло от 4 до 23. В каждом цикле объёмным способом ежедневно измеряли расход фильтрующейся воды, потери напора и по этим данным рассчитывали скорость фильтрации и градиент напора.

В результате опытов было установлено, что от цикла к циклу скорость фильтрации уменьшается, растёт градиент напора, плотность почвы увеличивается и соответственно уменьшается пористость. Причем плотность верхних слоев становится больше, чем нижних. Объяснить это можно тем, что подаваемая в прибор (сверху) водопроводная вода содержала гидрат окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, поэтому при фильтрации она оставляет его коллоиды в основном в верхнем слое. Кроме того, тонкие пылеватые и глинистые частицы отрываются при высоких скоростях фильтрации от стенок пор и капилляров, транспортируются вниз, снижая пористость почвы. И, наконец, изначально сухая насыпная почва уплотняется под действием воды, распада почвенных агрегатов и разбухания коллоидов, которые заполняют поры и капилляры.

Для выяснения режима движения фильтрационного потока при наших

опытах использовали уравнение Прони:

$$J = Av + Bv^*, \quad (1)$$

где J - градиент напора; v - скорость фильтрации; A и B - коэффициенты.

Если представить экспериментальные данные в виде зависимости $J/v = f(v)$, то в случае ламинарного течения на графике получим прямую, параллельную оси абсцисс, а при турбулентном - наклонную, выходящую из начала координат. Однако в наших опытах все графики оказались в виде вогнутых кривых, если использовать для их построения средние за цикл значения скорости фильтрации и гра-

диента напора (рис. 1). Следует отметить, что такой вид графиков характерен также для первого дня каждого цикла, но опытные точки последнего дня группируются возле прямых линий отсекает отрезки и на ординате, и на абсциссе (рис. 2).

Как известно, при ламинарном и турбулентном течении жидкости потери напора в трубах определяются по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$h_c = m/d)(v^*/2g), \quad (2)$$

где A , - коэффициент сопротивления (гидравлического трения); l , d - длина и диаметр трубы.

Для ламинарного режима течения

$$A = 64\mu/\rho v = 64/Re,$$

где μ - кинематический коэффициент вязкости; $Re = vd/\nu$ - число Рейнольдса.

Для определения коэффициента X при турбулентном режиме имеется большое число эмпирических и полуэмпирических формул, в общем случае отражающих зависимость X от числа Рейнольдса и шероховатости стенок труб или русел.

Для коэффициента сопротивления в поровом канале (капилляре) $X_{кан}$ имеется формула Н. Эргуна [2]:

$$A_{кан} = 133/Re_{кан} + 2,34, \quad (4)$$

где $Re_{кан} = v_{ан} d_{ан}/\nu$.

Действительная скорость движения воды в почвенных капиллярах $\hat{v} = v/n$, где n - пористость в долях единицы (нам представляется, что в данных исследованиях нужно использовать общую пористость); v - фиктивная скорость движения жидкости (если бы поперечное сечение потока было свободно от почвенных частиц).

Диаметр почвенных капилляров можно выразить через диаметр частиц почвы и пористость. Используя формулу для высоты капиллярного поднятия А.А. Черкасова [3]:

$$h_k = 0,45(1 - n)/nd_w v$$

уравнение Жюрена - $h_k = 0,3/\rho_{ган}$, находим диаметр капилляра:

$$d_{кан} = 2d_{г0}n/3(1 - n),$$

где d_w - эффективный диаметр частиц почвы.

$$\text{Тогда } Re_{кан} = 2Re/3(1 - n),$$

где $Re = vd_3/\nu$; d_3 - диаметр зёрен грунта, и формула Эргуна принимает следующий вид:

$$\lambda_{кан} = 200(1 - n)/Re + 2,34. \quad (5)$$

Учитывая (5), уравнение Дарси-Вейсбаха преобразуется:

$$J = 150(1 - n)^2 v \nu / (n^3 d_3^2 g) + 1,775(1 - n) \nu / (n^3 d_3 g). \quad (6)$$

Это уравнение по структуре похоже на двучленный закон гидравлического сопротивления Прони, в котором первое слагаемое определяет ламинарный характер движения воды, второе - турбулентный.

Как видно из формулы (6), режим фильтрации зависит от пористости почвы, диаметра зёрен, кинематической вязкости воды. Если эти величины меняются в процессе фильтрации, то зависимость $J/v = f(v)$ не будет линейной, что мы и наблюдаем в наших опытах.

На рисунке 3 приведен график, построенный для второго слагаемого уравнения (6).

Как видно из графика, режим течения фильтрующегося потока в первый день каждого цикла промывки почвы соответствует турбулентному (выше отмечалось, что в прибор Дарси укладывали высушенную разрыхленную почву). В процессе промывки почва уплотнялась и к концу цикла режим фильтрации становился ламинарным. Соответственно в первые циклы промывки наблюдалась высокая эффективность вымыва цезия; затем она постепенно снижалась во времени от цикла к циклу.

На почвах с начальной радиоактивностью $C_n = 11916$ Бк/кг вымыв в первом цикле был в 12,5 раза выше, чем в шестом, при $C_n = 9166$ Бк/кг вымыв снижался в 5,5 раза, при $C_n = 2326$ Бк/кг - в 1,5 раза.

Таким образом, оптимальный режим промывки почв от цезия должен заключаться в частых, кратковременных, интенсивных поливах с перерывами на просушивание верхнего слоя и его рыхление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Т. 1. - Л.: Гидрометеоздат, 1965.
2. Маркелов С.В., Малухин Н.Г., Лобанов П.Д. Ресурсосбережение и экология в процессах инженерной геотехнологии при освоении урановых месторождений // НитАООС, № 6. - М.: ВИНТИ, 2003.
3. Черкасов А.А. Мелиорация и сельскохозяйственное водоснабжение. Изд. 4. - М.: Сельхозиздат, 1958.

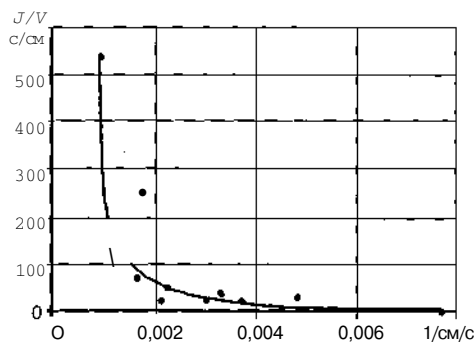


Рис. 1. Зависимость $J/v = f(v)$ для первого дня каждого цикла промывки почвы от цезия

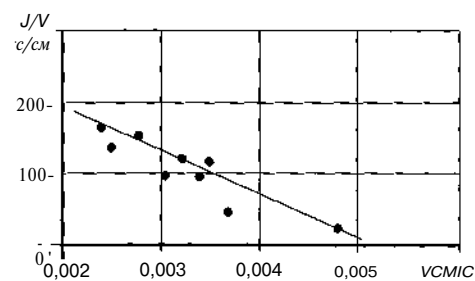


Рис. 2. Зависимость $J/v = f(v)$ для последнего дня каждого цикла промывки почвы

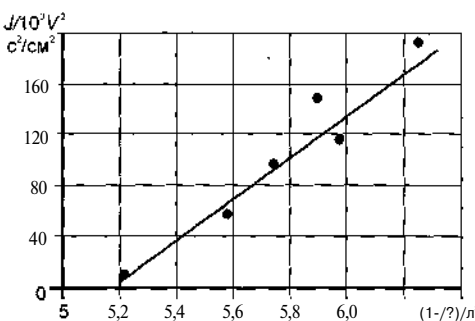


Рис. 3. Зависимость $J/v^2 = f[(1 - n)/n^3]$ для первого дня каждого цикла промывки почвы