

В заключение следует отметить, что интенсивность теплообмена при охлаждении поверхностей с применением эмульсии вода/ПЭС-5 возрастает при температурах теплоотдающей поверхности, близких к температуре предельного перегрева воды. Теплоотдача при этом увеличивается в 3-4 раза по сравнению с использованием чистой ПЭС-5.

Литература

1. Буланов Н.В., Скрипов В.П., Шуравенко Н.А. Теплоотдача к эмульсии при высоком перегреве ее дисперсной фазы, // ИФЖ. 1982. Т. 42. № 2. С. 236-238.
2. Теплофизические свойства жидкостей в метастабильном состоянии: Справ./В.П.Скрипов, Е.Н.Синицын, П.А.Павлов и др. М.: Атомиздат, 1980. 208 с.

В. Л. Гапонцев,
Е. П. Набережная

ЭВОЛЮЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА РЕКИ РАСТВОРИМОЙ ПРИМЕСЬЮ

Вопросам изучения радиационного загрязнения территории в настоящее время уделяется достаточно много внимания как российской, так и зарубежной прессой.

Для реабилитации районов, подвергшихся радиационному воздействию, необходимы прогнозы на достаточно длительные сроки. Эту задачу возможно решить с помощью построения математических моделей, адекватно отражающих реальные процессы, происходящие в окружающей среде. Такие модели могут быть достаточно простыми (стохастическое моделирование) или очень сложными, учитывающими большое число параметров (численное моделирование) [1-3].

Данная работа посвящена разработке феноменологической модели загрязнения водосборного бассейна рек, позволяющей учитывать ежегодные разливы рек в период паводков, изменение процессов в пойме в различные периоды года, влияние роста трав на эволюцию радиационного загрязнения, но не включающей в себя те параметры, которые невозможно было бы определить из экспериментальных данных или оценочно.

С точки зрения построения феноменологической модели процессов

обмена примесью в области водосбора реки определяющее значение имеют обмен примесью между почвой и водой, почвой и более глубокими слоями грунта, а также диффузия примеси в грунт. Эти процессы носят релаксационный, диссипативный характер, не зависят от конкретных механизмов и идут с повышением энтропии в системе, что приводит к рассеянию примеси. Зависимость концентрации примеси в воде реки (особенно в периоды паводков) имеет по своей природе интегральный характер, поэтому для включения в феноменологическое описание процессов рассеяния можно использовать небольшой набор характерных времен процессов и некоторых безразмерных коэффициентов [4].

Для полноты описания следует учесть, что рассматриваемая система является открытой и в ней помимо процессов диссипации идут процессы противоположного направления, связанные с уменьшением энтропии в системе за счет потоков через границы.

К такого рода процессам относятся захват растворимых примесей при росте травы и накопление их в почвенном слое с последующим освобождением при ее перегнивании, а также процессы, связанные с сезонным подъемом грунтовых вод и выносом примеси на поверхность, испарением влаги с поверхностного слоя, транспортировкой примеси водой под действием капиллярных сил и т. д. Общей особенностью этих процессов являются связывание примеси в слоях почвы и грунта, исключение из процесса диффузии, транспортировка к поверхности (границе раздела сред) и освобождение примеси в поверхностном слое. Таким образом, эти процессы играют роль барьера на пути диффузии примеси в грунт.

Процесс связывания примеси в почве, если не учитывать нелинейных эффектов, пропорционален концентрации примеси. Коэффициент, стоящий в уравнении баланса примеси в почве при члене, описывающем связывание примеси травой, обозначим через α . Он имеет смысл обратного характерного времени процесса связывания примеси. Второе характерное время, как описано выше, связано с освобождением в почвенном слое примеси, связанной в предыдущем сезоне. Будем считать, что процесс освобождения примеси носит экспоненциальный характер, тогда временная зависимость источника в уравнении баланса примеси будет иметь вид

$$C_0' a \exp(-at),$$

где C_0' - начальная концентрация примеси, связанной травой в прошлом периоде;

- обратное характерное время процесса высвобождения связанной примеси.

Процессы распределения примеси в почве и грунте ловушек в летне-осенний период описываются системой уравнений вида [5]

$$\frac{dC_n^n}{dt} = 2D/c_r^2(C_r^n(0,t) - C_n^n(t)) - \lambda C_n^n + \alpha C_{n0}^r \exp(-\alpha t), \quad (1)$$

$$\frac{\partial C_r^n}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C_r^n}{\partial x^2}. \quad (2)$$

Граничные условия при этом

$$x=0: C_r^n(0,t) - \frac{c}{2} \left. \frac{\partial C_r^n}{\partial x} \right|_0 = C_r^n(t), \quad (3)$$

$$x \rightarrow \infty: C_r^n \rightarrow 0. \quad (4)$$

Начальные условия

$$C_n^n(t_{30}^i) = C_n^n(t_{11}^i), \quad (5)$$

$$C_r^n(t_{30}^i, x) = C_r^n(t_{11}^i, x). \quad (6)$$

Здесь верхний индекс означает, что рассматриваемый момент времени относится к 1-му году после выпадения примеси, первый нижний индекс в левой части соответствует летне-осеннему периоду, а второй - нулевой - относит момент времени к началу соответствующего периода. В правой части равенства первый нижний индекс (1) показывает период паводка, а второй относится к концу периода.

Таким же образом записаны системы уравнений для периода разлива реки и схода паводка. Решение проводилось методом прямого и обратного преобразования Лапласа. Вид временной зависимости концентрации радонуклидов в воде реки показан на рисунке.

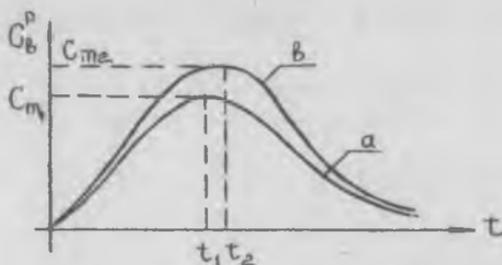


Рис. Зависимость концентрации в воде реки от времени:
 а - без учета роста травы;
 б - с учетом роста и перегнивания трав

В любом случае качество временных зависимостей не меняется, а определяется зависимостью функций вида

$$F_1(\sqrt{t/\tau})$$

где t - текущее время, а τ - некоторое характерное время. Эта зависимость имеет тот же вид, что и в случае отсутствия травы.

Из полученных выражений следует, что скорость роста концентрации примеси в воде в начале паводка растет пропорционально корню из времени. Процессы, связанные с выносом примеси на поверхность при росте травы, как и следовало ожидать, приводят к увеличению концентрации примеси в воде, причем эта добавка растет с течением времени быстрее, чем сама концентрация.

В заключение отметим, что воздействие возврата примеси на поверхность приводит к более быстрому (по годам) падению концентрации примеси в периоды паводков.

Таким образом, динамика загрязнения поймы реки определяется в основном процессами рассеяния примеси, но процессы ее концентрации приводят к существенным поправкам. Это не относится, разумеется, к процессу концентрации примеси в почве ловушек при ее смыве летними дождями. Этот процесс играет определяющую роль, но его рассмотрение выходит за рамки данной работы. Здесь итог процесса смыва примеси в ловушки рассматривается как начальное условие для последующей цепочки процессов.

Литература

1. Мониторинг загрязняющих веществ в окружающей среде: Сб. ст./Под ред. А.И.Симонова, 1987. 239 с.
2. Ettenhuber F., Jurk M., Kummel M. Model for predicting water contamination in fallout situation//At. Energy. V.22. N 1. 1990. IAEA-SM-306/69P.
3. Новицкий М.А. Модель долгосрочного переноса радионуклидов в речном русле//Метеорология и гидрология. 1993. N 1. С.80-83
4. Громов В.В., Набережнева Е.П., Акиншин В.Д. Диффузия примеси от источника с переменной концентрацией диффузанта//Физ.: химия. Т.58. 1994. N 7. С.28-36.
5. Галонцев В.Л., Громов В.В., Набережнева Е.П. Эволюция загрязнения водосбора реки растворимой примесью. Цикл ст.//Физ. химия. 1994-95. 30 с.