

УДК 550.348

МОДЕЛЬ МАССОПЕРЕНОСА РАДОНА (^{222}Rn) В ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ

©2006 Р.И. Паровик¹, И.А. Ильин², П.П. Фирстов³

¹Институт космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН
684034, с. Паратунка, ул. Мирная, 7; e-mail: romano_kgu@rambler.ru

²Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга,
683032, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4

³Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 683006, г. Петропавловск-Камчатский, бульвар Пийта, 9

Рассмотрена одномерная математическая модель процесса массопереноса эманации радона (^{222}Rn) в приземный слой атмосферы из рыхлых отложений. Приведено аналитическое решение, отвечающее граничным условиям задачи, и дан его численный расчет. Построены кривые распределения концентрации радона в верхней части рыхлых отложений и в приземном слое атмосферы в зависимости от коэффициента кажущейся диффузии и конвективной скорости радона в рыхлых отложениях.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение процесса массопереноса эманации радона (^{222}Rn) в приземный слой атмосферы из рыхлых отложений началось в начале XX века. С одной стороны, изучение массопереноса эманаций радона в рыхлых отложениях было необходимо для поиска месторождений радиоактивных руд (Граммаков, 1934), с другой стороны, проводились исследования влияния радона на параметры атмосферного электричества (Челмерс, 1974). Повышенный интерес к процессу массопереноса радона привел к созданию множества моделей с различными параметрами, применение которых нашло в таких научных направлениях как: сейсмология (Руленко, 1992; Фирстов, 1999; Фирстов, Рудаков, 2003), геохимия (Белова и др., 1985; Рудаков, 1985), геофизика (Куповых, 1998; Новиков, 1989; Новиков, Капков, 1965; Etiope, Martinelli, 2002).

В приземном слое атмосферы под действием ионизации воздуха за счет стока радона вблизи земной поверхности возникает электродный эффект (Куповых, 1998), что изменяет электрические характеристики в приземном слое атмосферы. Так, перед сильными землетрясениями Авачинского залива на Камчатке зарегистрированы отрицательные бухтообразные аномалии в динамике напряженности атмосферного электрического поля, которые связываются с увеличе-

нием стока радона в атмосферу (Руленко и др., 1993, 1996).

Большое количество работ посвящено изучению динамики концентрации подпочвенного Rn с целью поиска предвестников сильных землетрясений. Полученные данные позволяют рассматривать поле подпочвенного радона как индикатор изменений напряженно-деформированного состояния геосреды. С целью поиска предвестников сильных землетрясений южной Камчатки на Петропавловск - Камчатском геодинамическом полигоне в течение последних десяти лет работают: в Институте вулканологии и сейсмологии ДВО РАН сеть станций радонового мониторинга (Фирстов, 1999; Фирстов, Рудаков, 2003); в Институте космифизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН флюксометр для регистрации напряженности атмосферного электрического поля (Бузевич и др., 1998). В работе (Фирстов и др., 2006) на качественном уровне показана связь между эквалающей радона и градиентом потенциала атмосферного электрического поля на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне.

Настоящая работа является логическим продолжением дальнейшей разработки модели массопереноса Rn из рыхлых отложений в приземный слой атмосферы (Паровик и др., 2006), которая рассматривала в первом приближении, для простоты, только диффузионную составляющую.

В массопереносе подпочвенного радона большой вклад вносят как диффузионная составляющая, так и конвекционная. Поэтому в данной работе, в отличие от предшествующей, исследована диффузионно-конвективная одномерная математическая модель массопереноса подпочвенного Rn в приземный слой атмосферы на основе уравнений миграций с начальными и краевыми условиями. Были получены аналитические решения для данной модели с помощью метода операционного исчисления (интегрального преобразования Лапласа). Проведен численный анализ, в ходе которого точные решения для модели, рассмотренной ранее (Паровик и др., 2006), а также и для модели, описанной в данной работе, выступали в качестве тестовых для их численных решений.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Описание модели массопереноса радона в грунте и его стока в приземный слой атмосферы дается системой дифференциальных уравнений в частных производных с начальными и граничными условиями (Новиков, 1989; Новиков, Капков, 1965). Именно такое описание модели позволяет, в зависимости от различных геолого-физических параметров, получить представление о распределении концентрации радона как в грунте, так и в приземном слое атмосферы. На рис. 1 показана схема механизма массопереноса Rn из рыхлых отложений в приземный слой атмосферы.

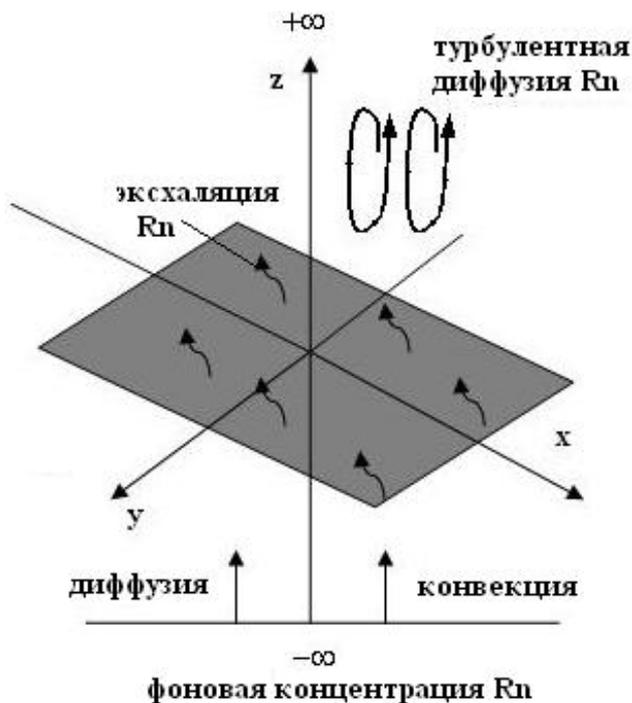


Рис. 1. Схема механизма массопереноса радона в приземный слой атмосферы из рыхлых отложений.

На некоторой глубине Z существует фоновая концентрация радона N_∞ . Под действием диффузионного и конвекционного процессов происходит массоперенос радона к дневной поверхности с последующей его экскаляцией в приземный слой атмосферы. В приземном слое атмосферы включается процесс турбулентной диффузии, за счет которой концентрация радона падает с высотой.

ДИФFUЗИОННО-КОНВЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ МАССОПЕРЕНОСА РАДОНА В ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ

В отличие от ранее выполненных работ, где массоперенос радона в грунте и из грунта в атмосферу рассматривались как отдельные задачи (Новиков, 1989; Новиков, Капков, 1965), нами была решена упрощенная задача массопереноса радона в грунте и в приземном слое атмосферы как единый процесс (Паровик и др., 2006). Полученные решения дают следующие закономерности массопереноса радона: концентрация радона уменьшается при приближении к границе раздела рыхлые отложения – атмосфера; увеличение кажущегося коэффициента диффузии (D^*) приводит к ускорению установления равновесия Rn с продуктами полураспада. Следует отметить что, радон обладает сравнительно малым периодом полураспада 3.825 суток, поэтому теоретически имеет малую миграционную способность в рыхлых отложениях – первый десяток метров.

Однако часто наблюдаются аномалии Rn на дневной поверхности от источников с глубин в несколько десятков метров (Новиков, Капков, 1965; Новиков, 1989), что свидетельствует об участии в массопереносе радона значительной конвективной (адвективной) составляющей (Etioppe, Martinelli, 2002).

На основе уравнений миграции радона в грунте и в приземном слое атмосферы (Новиков, 1989; Новиков, Капков, 1965) составим модель переноса Rn из рыхлых отложений с учетом конвективной составляющей на дневную поверхность.

$$\begin{cases} D \frac{\partial^2 N_1(z,t)}{\partial z^2} - v\eta \frac{\partial N_1(z,t)}{\partial z} - \lambda \eta N_1(z,t) - \eta \frac{\partial N_1(z,t)}{\partial t} + Q = 0, \\ A \frac{\partial^2 N_2(z,t)}{\partial z^2} - \lambda N_2(z,t) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

- 1) $z=0 \quad N_1(0,t) = N_2(0,t), \eta D \frac{\partial N_1(z,t)}{\partial z} \Big|_{z=0} - v\eta N_1(0,t) = A \frac{\partial N_2(z,t)}{\partial z} \Big|_{z=0}$;
- 2) $z \rightarrow +\infty \quad N_1(+\infty,t) = N_\infty, z \rightarrow -\infty \quad N_2(-\infty,t) = 0$;
- 3) $t = 0 \quad N_1(z,0) = N_\infty$

где: D - коэффициент диффузии, η - коэффициент пористости, N_∞ - фоновая объемная активность Rn, Q - интенсивность эманирования ра-

дона, λ - постоянная распада радона, v - скорость конвективного переноса, A - коэффициент турбулентной диффузии в атмосфере.

Данные краевые условия можно интерпретировать следующим образом:

1) равенство потоков и плотностей радона на границе сред с учетом количества Rn , которое осталось в порах;

2) постоянная концентрация радона при достижении равновесия с продуктами распада на определенной глубине рыхлых отложений и уменьшение концентрации Rn в атмосфере с высотой;

3) концентрация радона в грунте в начальный момент времени постоянна.

Будем считать, что скорость конвективного потока направлена параллельно оси Z и на границе сред отсутствует снос потоков эманации.

Применяя метод операционного исчисления (Корн, Корн, 1974), получим:

$$\begin{cases} D \frac{d^2 F_1(z,p)}{dz^2} - v\eta \frac{dF_1(z,p)}{dz} - \eta(\lambda+p)F_1(z,p) + \eta N_\infty \frac{(\lambda+p)}{p} = 0; \\ A \frac{d^2 F_2(z,p)}{dz^2} - \lambda F_2(z,p) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Граничные условия принимают вид:

$$\begin{aligned} 1) z=0 \quad F_1(0,p) &= F_2(0,p), \eta D \left. \frac{dF_1(z,p)}{dz} \right|_{z=0} - v\eta F_1(0,p) = A \left. \frac{dF_2(z,p)}{dz} \right|_{z=0}; \\ 2) z \rightarrow +\infty \quad F_1(+\infty, p) &= \frac{N_\infty}{p}, \quad z \rightarrow -\infty \quad F_2(-\infty, p) = 0. \end{aligned}$$

Решая систему (2), получим:

$$\begin{cases} F_1(z,p) = C_1 \exp\left(\left[\frac{v\eta + \sqrt{v^2\eta^2 + 4D\eta\lambda + 4D\eta p}}{2D}\right]z\right) + C_2 \exp\left(\left[\frac{v\eta - \sqrt{v^2\eta^2 + 4D\eta\lambda + 4D\eta p}}{2D}\right]z\right) + \frac{N_\infty}{p} \\ F_2(z,p) = C_3 e^{\sqrt{\lambda}z} + C_4 e^{-\sqrt{\lambda}z} = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Учитывая граничные условия задачи (1), найдем константы C_1, C_2, C_3, C_4 . Принимая во внимание условия на бесконечности, получим $C_1 = C_4 = 0$. Для определения C_2, C_3 получим систему:

$$\begin{cases} C_2 + \frac{N_\infty}{p} = C_3; \\ \eta \left(\frac{\sqrt{v^2\eta^2 + 4D\eta\lambda + 4D\eta p} + v\eta}{2} \right) C_2 - v\eta C_2 + \frac{v\eta N_\infty}{p} = \sqrt{A\lambda} C_3. \end{cases} \quad (4)$$

Решая данную систему (4) относительно констант C_2, C_3 , получим:

$$C_2 = \frac{-N_\infty c}{p(b + \sqrt{a+p})}, \quad C_3 = \frac{N_\infty}{p} \left(1 - \frac{c}{b + \sqrt{a+p}} \right).$$

После подстановки констант C_2, C_3 в систему (3), получим изображения:

$$\begin{aligned} F_1(z,p) &= \frac{N_\infty}{p} \left(1 - \frac{c \cdot e^{\sqrt{\tau}(a+p)}}{b + \sqrt{a+p}} \right); \\ F_2(z,p) &= \frac{N_\infty}{p} e^{\sqrt{\frac{\lambda}{A}}z} \left(1 - \frac{c}{b + \sqrt{a+p}} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь

$$a = \lambda + \frac{v^2\eta}{4D}, \quad b = \frac{2v\eta + 2\sqrt{\lambda A} - v\eta^2}{2\eta\sqrt{\eta D}}, \quad c = \frac{v\eta + \sqrt{\lambda A}}{2\eta\sqrt{\eta D}}, \quad \tau = z^2 \frac{\eta}{D}$$

- время установления равновесия с продуктами полураспада. Теперь вычислим оригиналы. С помощью несложных преобразований изображения можно привести к табличному виду (Диткин, Прудников, 1965):

$$\begin{aligned} N_1(z,t) &= N_\infty \left(1 - c e^{-\frac{z\eta}{2D}} \left(\frac{e^{-\sqrt{a}\tau} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau}{t}} - \sqrt{a}\tau\right)} + \frac{e^{\sqrt{a}\tau} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau}{t}} + \sqrt{a}\tau\right)}{2(b-\sqrt{a})} - \frac{be^{b\sqrt{\tau} + b^2 t - a\tau} \operatorname{erfc}\left(\frac{1}{2}\sqrt{\frac{\tau}{t}} + b\sqrt{\tau}\right)}{b^2 - a} \right) \right); \\ N_2(z,t) &= N_\infty e^{z\sqrt{\frac{\lambda}{A}}} \left(1 - \frac{c \left(b - \sqrt{a} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{a}\tau\right) - be^{b^2 - a\tau} \operatorname{erfc}(b\sqrt{\tau}) \right)}{b^2 - a} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

За счет наличия конвективного члена процесс становится более интенсивным, глубина переноса радона соответственно увеличивается и возрастает сток радона в атмосферу (Новиков, 1989; Новиков, Капков, 1965), в то же время точное решение для данной модели, в сравнении с аналогичным решением для модели (Паровик и др., 2006), значительно усложняется.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ

С целью исследования различия в массопереносе Rn для диффузионной и диффузионно-конвекционной модели проводился их численный анализ. Для этого использовался метод конечных разностей: производные заменялись конечноразностными аналогами, а функция решения - сеточной функцией. Решение находилось по неявной схеме. Сетка строилась следующим образом: шаг по временной и пространственной координате принимался равномерным, причем по пространству бралось 20 точек, а по времени - две точки. Шаг по пространству составлял $h = 1$ см, по времени $\tau = 3600$ с.

Для реализации численного алгоритма принимались следующие значения параметров (Новиков, 1989):

МОДЕЛЬ МАССОПЕРЕНОСА РАДОНА (^{222}Rn) В ПРИЗЕМНЫЙ СЛОЙ АТМОСФЕРЫ

- коэффициент диффузии $D=5 \times 10^{-4}$ см²/с и коэффициент пористости $\eta=0.25$ для элювиально-делювиальных отложений;

- фоновая объемная активность $\text{Rn } N_{\infty} = 10^{-2}$ Бк/см³, принята согласно наблюдениям в районе Паратунского грабена на Камчатке (Фирстов, Рудаков, 2003);

- интенсивность эманирования радона $Q = 0.00756$ Бк/(см³·с);

- постоянная распада радона $\lambda = 2.1 \times 10^{-6}$ с⁻¹;

- скорость конвективного переноса $v=10^{-3}$ см/с;

- коэффициент турбулентной диффузии в атмосфере 1000 см²/с;

- время фиксировалось $t = 3600$ с.

Данные численного анализа приведены в таблице 1, где представлены точные и численные решения для диффузионной и для диффузионно-конвективной моделей. За счет конвективной составляющей наблюдается рост значений ОА Rn на границе раздела грунт-атмосфера (точка $i = 10$), которые имеют при численном решении порядок 10^{-4} , а при точном - 10^{-7} , что, по-видимому,

связано с точностью численного метода. Аппроксимация численного метода имеет второй порядок точности, следовательно, погрешность будет накапливаться во втором знаке. При уменьшении скорости конвективного потока, роль диффузии возрастает, но как следует из таблицы даже с участием конвекции, ОА Rn на дневной поверхности уменьшается до 10^{-4} - 10^{-7} относительно фоновой ОА Rn, принятой за единицу. В приземном слое атмосферы при постоянном коэффициенте турбулентной диффузии концентрация радона без учета ветра убывает с высотой достаточно медленно.

Анализ данных моделей показывает, что соотношение диффузионной и конвективной составляющих в рыхлых отложениях, зависящих от физико-механических характеристик геологической среды, играет очень важную роль в массопереносе Rn. Естественно, массоперенос Rn осуществляется в результате действия обоих процессов. Однако, скоростная и пространственная шкала конвективной составляющей го-

Таблица 1. Расчет изменения с глубиной ОА Rn в рыхлых отложениях для диффузионной и диффузионно-конвективной моделей.

Приземный слой атмосферы	№	k=0	$N_{\text{Rn}} / N_{\text{Rn}_{\infty}}$			
			Диффузия		Диффузия + конвекция	
			численное решение k=1	точное решение k=1	численное решение k=1	точное решение k=1
	i=1	0	0	0	0	
	i=2	0	0.0000000389	0.0005345480	0.0000000415	0.0002380213
	i=3	0	0.0000000778	0.0005370032	0.0000000831	0.0002391146
	i=4	0	0.0000001166	0.0005394698	0.0000001246	0.0002402128
	i=5	0	0.0000001555	0.0005419476	0.0000001661	0.0002413161
	i=6	0	0.0000001944	0.0005444368	0.0000002076	0.0002424245
	i=7	0	0.0000002333	0.0005469375	0.0000002492	0.0002435380
	i=8	0	0.0000002722	0.0005494496	0.0000002907	0.0002446566
	i=9	0	0.0000003110	0.0005519733	0.0000003322	0.0002457803
Граница	i=10	1	0.0000003499	0.0005778563	0.0000003737	0.0001351475
Грунт	i=11	1	0.3110500643	0.2095259901	0.3322045137	0.2677928914
	i=12	1	0.5256888901	0.4038456595	0.5543478883	0.4810061696
	i=13	1	0.6739531462	0.5726812333	0.7030200329	0.6459868524
	i=14	1	0.7765907679	0.7096811343	0.8026995236	0.7687887090
	i=15	1	0.8479647498	0.8134786174	0.8697850304	0.8560327884
	i=16	1	0.8980630878	0.8868963411	0.9152941236	0.9148416389
	i=17	1	0.9338964876	0.9353717664	0.9466741159	0.9522887813
	i=18	1	0.9604794352	0.9652477084	0.9690227437	0.9747420622
	i=19	1	0.9815319190	0.9824339960	0.9859190172	0.9873902189
	i=20	1	1	1	1	1

раздо больше, чем у диффузионной. Диффузия преобладает в капиллярах или мелко дроблёных породах, а адвекция играет главную роль при больших порах или в раздробленной, трещиноватой среде (Etiope, Martinelli, 2002).

На рис. 2 приведены кривые изменения ОА Rn $N(z)$, в зависимости от координаты z , относительно фоновой ОА Rn, принятой за единицу. Численные решения данной модели достаточно

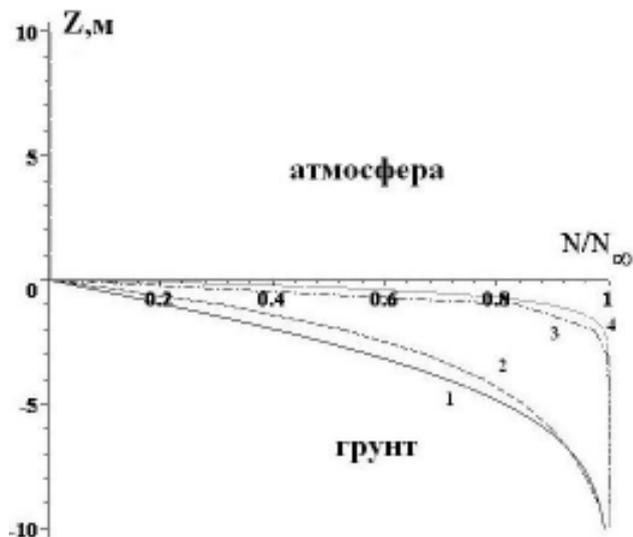


Рис. 2. Точные и численные решения задачи о распределении радона в грунте и его стока в приземный слой атмосферы в зависимости от коэффициентов D^* и v : 1 - точное решение при $D^*=5 \times 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ и $v=0 \text{ см}/\text{с}$; 2 - численное решение при $D^*=5 \times 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ и $v=0 \text{ см}/\text{с}$; 3 - численное решение при $D^*=5 \times 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ и $v > 10^{-4} \text{ см}/\text{с}$; 4 - точное решение при $D^*=5 \times 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ и $v > 10^{-4} \text{ см}/\text{с}$.

хорошо аппроксимируют задачу. Из расчетов модели видно, что распределение радона от источника к поверхности земли зависит от кажущегося коэффициента диффузии $D^* = \frac{D}{\eta}$ и конвективной составляющей, характеризующейся конвективной скоростью v , увеличение которой приводит к дальности переноса до нескольких десятков и более метров. При $D^* = 5 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2/\text{с}$ и $v \leq 10^{-4} \text{ см}/\text{с}$ наблюдается преобладание диффузионного процесса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построена обобщенная одномерная модель вертикального массопереноса радона в грунте и в приземном слое атмосферы с учетом граничных условий. Получено аналитическое решение уравнений данной модели, которое дает оценку величины эксхалляции (стока) радона в атмосферу в зависимости от коэффициента диффузии и конвективной скорости переноса.

По сравнению с предшествующей работой (Паровик и др., 2006), получены точные решения для модели с учетом конвективной составляющей и проведен их численный анализ. В ходе анализа была установлена хорошая аппроксимация точных решений как для модели рассмотренной ранее, так и для модели, описанной в настоящей работе. В диффузионно-конвективной модели, в отличие от диффузионной модели, в которой процесс переноса радона осуществляется только за счет механизма диффузии, присутствует скорость конвективного потока радона, увеличивающая концентрацию Rn при выходе на дневную поверхность.

Рассмотренная математическая модель не учитывает влияние метеорологических факторов. В настоящий момент на Петропавловск - Камчатском геодинимическом полигоне функционирует сеть станций мониторинга подпочвенного Rn с синхронной регистрацией метеорологических параметров (Фирстов, Рудаков, 2003). Анализ полученных экспериментальных данных суточного и сезонного хода концентрации Rn в грунте совместно с динамикой атмосферного давления и осадков позволит на следующем этапе развития данной работы рассмотреть вклад метеопараметров в процесс массопереноса Rn в рыхлых отложениях. В дальнейшем планируется использование точных решений (6) данной модели в качестве тестовых для численных задач при условии, что коэффициенты в системе (1) непостоянны, а также рассмотреть ее в двумерной или трехмерной постановке.

Список литературы

Белова Л.Л., Кричевец Г.Н., Шмарнович Е.М. Математическое моделирование процессов рудообразования при взаимодействии двух фильтрационных потоков // Геохимия. 1985. Т. 5. С. 673-687.

Бузевич А.В., Смирнов С.Э., Филимонов В.И., Фирстов П.П. Специализированный аппаратно-программный комплекс (АПК) сбора и обработки геофизической информации обсерватории «Паратунка» // Тез. докл. межд. совещ. 18-21 августа 1998 г. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН, 1998. С. 36.

Граμμαков А.Г. Эманационный метод поисков, исследования и разведки радиоактивных объектов (Тр. ЦНИГРИ: Вып.7). Л., 1934. 115 с.

Диткин В.А., Прудников А.П. Справочник по операционному исчислению. М.: Высшая школа, 1965. 455 с.

Корн Т., Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1974. 832 с.

- Куповых Г.В., Морозов В.Н., Шварц Я.М.*. Теория электродного эффекта в атмосфере. Таганрог: ТРГУ, 1998. 122 с.
- Новиков Г.Ф.* Радиометрическая разведка. Л.: Наука, 1989. 407 с.
- Новиков Г.Ф., Капков Ю.Н.* Радиоактивные методы разведки. М.: Недра, 1965. 750 с.
- Паровик Р.И., Ильин И.А., Фирстов П.П.* Математическая диффузионная модель массопереноса радона в грунте и его эксхалация в приземный слой атмосферы // Вестник КРАУНЦ. Серия Науки о Земле, 2006. № 1. (Вып. 7). С. 110-114.
- Рудаков В.П.* Динамика полей подпочвенного радона сейсмоактивных регионов СНГ: Автореф. дис. ... доктора физико-математических наук. М.: ОИ ИФЗ, 1992. 56 с.
- Руленко О.П., Иванов А.В., Шумейко А.В.* Краткосрочный атмосферно электрический предвестник Камчатского землетрясения 6.03. 1992, $M=6.1$ // Докл. РАН. 1992. Т. 326. № 6. С. 980-982.
- Фирстов П.П.* Мониторинг объемной активности подпочвенного радона (^{222}Rn) на Паратунской гидротермальной системе в 1997-1998 гг. с целью поиска предвестников сильных землетрясений Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1999. № 6. С. 33-43.
- Фирстов П.П., Рудаков В.П.* Результаты регистрации подпочвенного радона в 1997-2000 гг. на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне // Вулканология и сейсмология. 2003. № 1. С. 33-43.
- Фирстов П.П., Понаморов Е.А., Чернева Н.В., Бузевич А.В.* Подпочвенный радон и градиент потенциала атмосферного электрического поля в районе Петропавловск - Камчатского геодинамического полигона в 1998 - 2005 гг. (Камчатка) // Вестник КРАУНЦ. Серия науки о Земле. 2006. № 7. С. 102-109.
- Челмерс Дж. А.* Атмосферное электричество. М.: Мир, 1974. 419 с.
- Etiopé G., Martinelli G.* Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview // Physics of The Earth and Planetary Interiors. 2002. Vol. 129. P. 185-204.

A MODEL FOR MASS TRANSFER OF RADON (^{222}Rn) IN THE ATMOSPHERE NEAR THE SURFACE

R.I. Parovik¹, I.A. Ijgin², P.P. Firstov³

¹*Institute of Cosmophysical Researches and Radio Wave Propagation, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Paratunka, 684034, Russia; e-mail: romano_kgu@rambler.ru*

²*Kamchatka State University by Vitus Bering, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683032, Russia*

³*Institute of volcanology and seismology, Far East Division, Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia*

The paper presents a generalized one-dimensional model for mass transfer of radon ^{222}Rn -emanation in alluvium deposits and the surface layer of the atmosphere. Analytical solutions for this model were found which meet the boundary conditions of an experiment and the numerical analysis is lead. Curve distributions of concentration of radon-emanation in the top part in alluvium deposits and the surface layer of the atmosphere were constructed depending on coefficients of effective diffusion and convection speeds transfer.