

УДК 546.296:552.51

ВЛИЯНИЕ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ПОРОД НА ЭМАНИРОВАНИЕ РАДОНА

П.С. Микляев¹, Т.Б. Петрова, В.К. Власов, А.М. Афиногенов, О.В. Кирюхин,
И.Э. Власова

(кафедра радиохимии; e-mail: afin63@radio.chem.msu.ru; ¹Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН)

Проведена серия определений коэффициентов эманирования образцов глинистых пород. Показано, что коэффициент эманирования глинистых пород растет с увеличением дисперсности и может достигать значений до 67%, что объясняется, на наш взгляд, увеличением содержания в породе наноразмерных частиц, обладающих хорошими эманационными характеристиками.

Ключевые слова: радон, эманирование, глинистые породы, коэффициент эманирования, наночастицы.

Эманирующая способность горных пород – важнейший фактор, обуславливающий интенсивность выделения радона из геологической среды в жилища. Была проведена серия γ - и α -спектрометрических измерений удельной активности радионуклидов уранового ряда (^{238}U , ^{234}U , ^{226}Ra , ^{214}Pb , ^{214}Bi) и определены коэффициенты эманирования ($K_{\text{эм}}$) в образцах глинистых пород. Мы исследовали образцы мореных суглинков и покровных глин четвертичной системы, суглинки и глины юрской системы, карбонатные (мергелистые) глины каменноугольной системы, распространенные на территории Москвы. Также были исследованы бентониты с содержанием монтмориллонита до 96%, отобранные на Дашуковском (Черкасская обл., Украина), Даш-Салахлинском (Азербайджан) и Никольском (Воронежская обл., Россия) месторождениях (образцы бентонитов предоставлены группой неметаллических

полезных ископаемых Института геологии рудных месторождений РАН).

В результате проведенных исследований впервые установлен реальный диапазон изменения коэффициента эманирования глинистых пород по радону, составляющий от 35 до 70% (всего исследовано 59 образцов). Коэффициент эманирования слабо изменяется в пределах каждого литолого-генетического типа отложений и возрастает от 35–48% для четвертичных мореных суглинков до 52–67% для черных глин оксфордского яруса верхней юры. Средние значения и диапазон варьирования коэффициентов эманирования исследованных пород приведены в табл. 1.

Относительно узкий диапазон колебаний коэффициента эманирования глинистых пород свидетельствует о незначительном влиянии свойств пород на

Т а б л и ц а 1

Коэффициенты эманирования глинистых грунтов по радону

Состав, генезис и возраст грунта	Количество образцов	$K_{\text{эм}}$, %	
		среднее	минимальное–максимальное
Суглинки четвертичные (gII)	8	42,0±8,7	35–48
Глины четвертичные (rg II–III)	36	50,0±8,5	44–55
Глины юрской системы (J3 oxf)	7	57±5,7	52–67
Глины юрской системы (J2–3 bt+cl)	4	51±6,2	49–54

эманирование. Большие погрешности результатов отдельных определений $K_{эм}$ (30–50%) делают выявление влияния свойств пород на их эманирование особенно затруднительным. Однако полученные результаты позволяют определить значимую корреляцию между коэффициентом эманирования глинистых пород и такими свойствами, как содержание в породе глинистой фракции менее 0,002 мм (коэффициент корреляции $r^2 = 0,87$) и пористостью породы ($r^2 = 0,89$). Результаты представлены на рис. 1, 2.

Наиболее хорошо корреляция видна при анализе средних значений коэффициентов эманирования и средних значений содержания глинистой фракции/пористости различных литолого-генетических типов глинистых пород (рис. 2, а, б).

Результаты определения коэффициента эманирования в мономинеральных глинах показывают, что для гидрослюд значения $K_{эм}$ составляют ~50%, в то же время коэффициент эманирования исследованных монтмориллонитовых глин колеблется от 47 до 65%. Причем для более дисперсного Na-монтмориллонита (Даш-Салахлинское месторождение) характерен наиболее высокий коэффициент эманирования (65%). Коэффициенты эманирования Са-монтмориллонита (Никольское, Дашуковское месторождения), в котором глинистые частицы находятся, как правило, в агрегированном состоянии, ниже и составляют около 50% (табл. 2).

Таким образом, коэффициент эманирования глинистых пород увеличивается с увеличением дисперсности (пористость и дисперсность прямо связаны

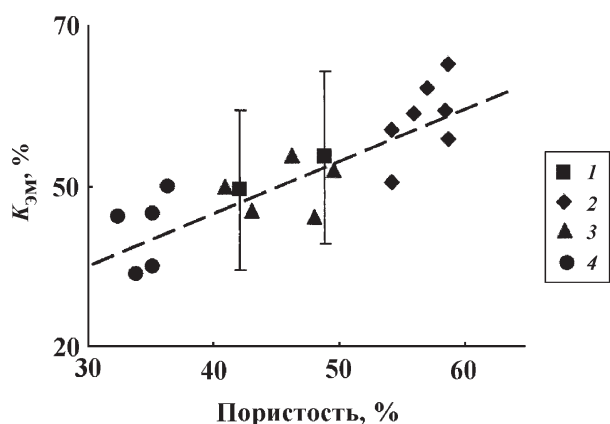


Рис. 1. Зависимость коэффициента эманирования глинистых пород от их пористости (по результатам исследований 19 образцов). Условные обозначения: 1 – глины J3 bt+cl, 2 – глины J3 oxf, 3 – глины четвертичные, 4 – суглинки четвертичные

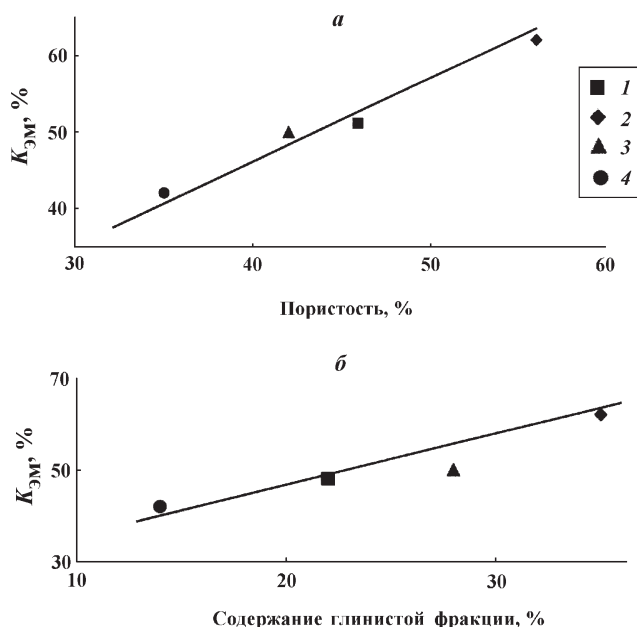


Рис. 2. Зависимость средних значений коэффициента эманирования различных литолого-генетических типов глинистых пород от средних значений их пористости (а) и от среднего содержания в них глинистой фракции 0,02 мм (б) (условные обозначения приведены в подписи к рис. 1)

между собою) и может достигать весьма высоких значений (до 67%, а возможно и более). Однако анализ литературных данных и теоретических предпосылок показывает, что коэффициент эманирования глинистых минералов, в которых радий находится в адсорбированном состоянии, не должен зависеть от размеров и площади поверхности минеральных зерен. Кроме того, если рассматривать эманирование отдельно взятой частицы (зерно, кристалл), на поверхности которой адсорбирован радий, то в результате эффекта радиоактивной отдачи примерно половина атомов радона окажется внедренной в твердую фазу, а половина – выделится в окружающую среду (рис. 3, а). В грубом приближении коэффициент эманирования твердых неорганических веществ не должен превышать 50%. Однако это верно только для случая, когда размеры частиц, слагающих твердую фазу, велики по сравнению с пробегом атомов отдачи радона. Ситуация меняется в случае сорбции изотопов радия на мельчайших частицах, размеры которых сопоставимы с пробегом атомов отдачи радона (0,02–0,10 мкм). К таким частицам относятся гидроокислы металлов (железа, марганца), органические соединения и глинистые минералы. Согласно теоретическим исследованиям [1], ве-

Т а б л и ц а 2
Результаты определения коэффициента эманирования
мономинеральных глин

Минеральный состав	$K_{эм}, \%$
Na-монтмориллонит (Даш-Салахлинское)	65
Ca-монтмориллонит (Дашуковское)	47
Ca-монтмориллонит (Никольское)	52
Гидрослюда (глина C _{2,3} , Подмоскowie)	50

роятность вылета атома отдачи радона с поверхности наночастиц в поровое пространство значительно

выше, чем вероятность его внедрения в твердую фазу вещества (рис. 3, б). Сорбция изотопов радия на наночастицах, покрывающих более крупные минеральные зерна, является практически единственным фактором, способствующим увеличению коэффициента эманирования вещества в целом до значений 60–70% [1, 2].

Таким образом, рост эманирования глин (до 67% и более) с увеличением содержания в породе глинистых частиц, а также увеличение эманлирующей способности при переходе от агрегированной Ca-формы к наиболее дисперсной Na-форме монтмориллонита объясняется, на наш взгляд, увеличением содержания в породе наноразмерных частиц, обладающих высокими эманационными характеристиками.

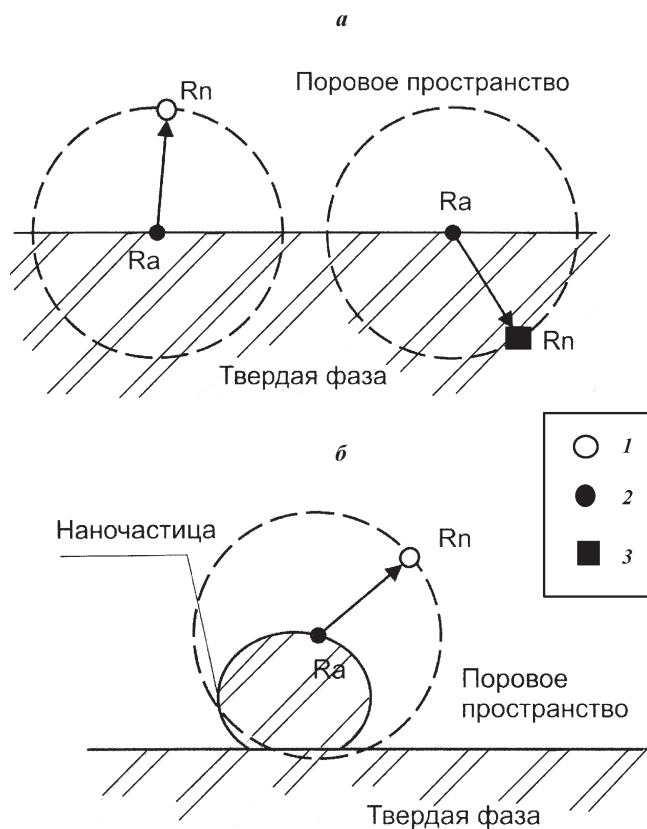


Рис. 3. Схематическое изображение процесса эманирования: а – радиус адсорбирован на поверхности твердой частицы, размеры которой значительно превышают пробег атома отдачи радона; б – радиус адсорбирован на поверхности наночастицы, размер которой сопоставим с пробегом атома отдачи радона (условные обозначения: 1 – атомы радия, 2 – атомы свободного радона, 3 – атомы связанного радона, пунктиром обозначена область возможного вылета атомов радона)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Sasaki T., Gunji, Y. and Okuda T.* // J. Nucl. Sci. Techn. 2005. **42**, N 2. P. 242.
2. *Gundersen L.C.S., Shumann R.R.* The importance of metal oxides in enhancing radon emanation from rocks and soils. Abstract with programs. Geological Society of America, 1998.

Поступила в редакцию 19.03.09

THE INFLUENCE OF THE CLAY PROPERTIES ON RADON EMANATION

P.S. Miklyuyev¹, T.B. Petrova, V.K. Vlasov, A.M. Afinogenov, O.V. Kirjukhin, I.E. Vlasova

(Division of Radiochemistry; Sergeev Institute of Environmental Geoscience RAS)

The factor emanation of clay has been measured. The factor emanation of clay increased with increase in content of clay fraction, and can reach up to 67%. Authors explain this fact by presence at clay the nanoparticles which possess high emanation characteristics.

Key words: *radon, emanating, clay, emanation coefficient, nanoparticles.*

Сведения об авторах: *Микляев Пётр Сергеевич* – ст. научн. сотр. Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, канд. геол.-минерал. наук; *Петрова Татьяна Борисовна* – инженер кафедры радиохимии химического факультета МГУ; *Власов Вячеслав Клавдиевич* – доцент кафедры радиохимии химического факультета МГУ, канд. хим. наук (9393925); *Афиногенов Алексей Максимович* – мл. научн. сотр. кафедры радиохимии химического факультета МГУ (afin63@radio.chem.msu.ru); *Кiryukhin Олег Владимирович* – инженер кафедры радиохимии химического факультета МГУ; *Власова Ирина Энгельсовна* – инженер кафедры радиохимии химического факультета МГУ.