

Дьячков В.В., Бияшева З.М.,  
Комаров А.А., Зарипова Ю.А.,  
Шакиров А.Л., Юшков А.В.,  
Хамдиева О.Х., Сысоев В.А.

**Экспериментальное обнаружение  
четырёхсуточных вариаций эманации радона, вызываемых фазами луны**

Dyachkov V.V., Biyasheva Z.M.,  
Komarov A.A., Zaripova, Y.A.,  
Shakirov A.L., Yushkov A.V.,  
Hamdieva O.H., Sysoev V.A.

**Experimental detection of the four-day variations of radon emanation caused by moon phases**

Дьячков В.В., Бияшева З.М.,  
Комаров А.А., Зарипова Ю.А.,  
Шакиров А.Л., Юшков А.В.,  
Хамдиева О.Х., Сысоев В.А.

**Ай фазаларымен туындатылған  
төрт күндік радон  
эманацияларының вариациясын  
тәжірибелік анықтау**

Впервые были обнаружены и измерены четырёхсуточные вариации эманации почвенного радона. По результатам измерений подтверждена, хорошо известная в мировой литературе, закономерность – подчинение объёмной активности радона барометрической формуле. Также найдена корреляция сейсмических пиков магнитуды землетрясений с пиками активности радона. В условиях сейсмоопасных зон и, в частности, в горных районах Казахстана, проблема краткосрочного прогнозирования землетрясений и исследования тектонических процессов является весьма актуальной. Однако, по мнению авторов, в настоящее время вопрос о надёжном краткосрочном прогнозировании землетрясений все еще остается открытым. Сделан вывод о возможной зависимости корреляции эманации радона не только от землетрясений, но и от «лунных приливов», то есть от поднятий почвы за счет гравитации Луны.

**Ключевые слова:** активность радона, эманация, временные вариации, барометрическая закономерность.

For the first time four diurnal variations of radon emanation from soil were found and measured. By results of measurements it is confirmed, well-known in the world literature, regularity – submission of volume activity of radon to barometric formula. Correlation of seismic peaks of magnitude of earthquakes with peaks of activity of radon is also found. In seismic hazard zones and, in particular, in mountain areas of Kazakhstan, the problem of short-term earthquake prediction and research of tectonic processes are highly relevant. However, according to the authors, the question of short-term earthquake prediction is still open. The conclusion about the possible dependence of the correlation of radon emanation not only earthquakes, but also from "moonquakes" that is, from the uplift of the soil due to gravitation of the moon – "lunar tides" is drawn.

**Key words:** radon activity, emanation, temporary variations, barometric regularity.

Алғаш рет жердегі радонның эманациясының төрт күндік вариациясы анықталды және өлшенді. Өлшеу нәтижелері, әлемдік әдебиеттерде жақсы белгілі, барометрлік формулаға радонның көлемді белсенділігіне бағыну заңдылығын растады. Сонымен бірге, радон белсенділік шыңдарымен магнитуданың жер сілкінулердің сейсмикалық шыңдарының корреляциясы табылды. Сейсмологиялық қауіпті аймақтар шарттарында, Қазақстанның таулы аудандарында, жер сілкінісін қысқа мерзімде болжау және тектоникалық процестерді зерттеу өзекті мәселе болып табылады. Дегенмен, авторлар көзқарасы бойынша, қазіргі уақытта жер сілкінісін қысқа мерзімде анық болжау сұрағы әлі де ашық болып қалды, Жер сілкіністерінен радон эманацияның корреляциясына мүмкін болатын тәуелділігімен қатар, «Айлық көтерілу», яғни Ай гравитациясының есебінен топырақтың көтерілуінен нәтиже жасалынды.

**Түйін сөздер:** радонның белсенділігі, эманациясы, уақытша вариациялар, барометрлік заңдылық.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЧЕТЫРЕХСУТОЧНЫХ ВАРИАЦИЙ ЭМАНАЦИИ РАДОНА, ВЫЗЫВАЕМЫХ ФАЗАМИ ЛУНЫ

### Введение

Эманация почвенного радона и особенности вариаций ее временных и пространственных топологий являются прецизионным инструментом для измерений размеров и формы тектонических разломов, обнаружения промышленных химических и несанкционированных подземных ядерных взрывов, идентификации магнитуд естественных землетрясений [1-3]. В основном, до настоящего времени эти особенности использовались лишь с целью поиска предвестников землетрясений [4-8]. В настоящей работе впервые сообщается об обнаружении новых 4-дневных гармонических вариаций эманации почвенного радона. Поиск теоретического объяснения обнаруженного феномена привел авторов статьи к обнаружению корреляции интенсивности эманации (эксхалляции) с фазами Луны.

Впервые существование зависимости между эманацией радона и землетрясениями было четко показано в работе [6], в которой обнаружена связь между изменением атмосферного радона у поверхности Земли в течение дня и локальной сейсмичностью на западе Японии. Исследование связи сейсмоактивности и вариаций эманации радона были показаны во многих мировых литературных источниках [7, 8]. Однако, по мнению авторов, в настоящее время вопрос о надежном краткосрочном прогнозировании землетрясений все еще остается открытым. Это связано с тем, что основная проблема использования вариаций эманации радона как предвестника землетрясений заключается в том, что не всякое значимое изменение в поведении радона сопровождается последующим значимым землетрясением и, наоборот, не всякому значимому землетрясению предшествует соответствующее изменение в поведении эманации радона. Такая проблема, скорее всего, возникает вследствие редкого покрытия сейсмоопасных районов пунктами наблюдения. Таким образом, не всегда удается обнаружить существующие вариации эманации радона как предвестника землетрясения, тем более что искомые предвестники эманации накладываются на известные периодические вариации радона (суточные, сезонные, глобальные).

В условиях сейсмоопасных зон и, в частности, в горных районах Казахстана, проблема краткосрочного прогнозирования землетрясений и исследования тектонических процессов является весьма актуальной. В настоящей работе впервые экспериментально обнаружены, измерены и определены периодические 4-х дневные вариации эманации почвенного радона. Интерпретация обнаруженного феномена в настоящей статье увязана с гравитационным взаимодействием Земли с ближним и дальним космосом, в частности, в сравнении с фазами Луны.

### Методика измерений

Измерения проводились электронной радиометрической аппаратурой – радиометром радона и его дочерних продуктов распада (ДПР) «РАМОН-02А». Он предназначен для автоматического мониторинга содержания эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона Rn-222 в воздухе жилых и производственных помещений, а также в атмосферном воздухе. Этот прибор производит измерения ЭРОА радона в диапазоне от 4 до  $5 \cdot 10^5$  Бк/м<sup>3</sup>. В нем применяется альфа-спектрометрический метод измерения, а в качестве фильтрующего материала установлена абсорбирующая лента, рассчитанная не менее чем на три тысячи измерений. Один из радиометров был расположен на втором этаже здания, другой – в подвальном помещении. Измерения проводились в течение месяца с периодичностью 2 часа. Параллельно был произведен мониторинг землетрясений за этот же период времени.

### Результаты эксперимента

На рисунке 1 дана зависимость активности радона от времени в масштабе, удобном для изучения суточных вариаций и выявления эффекта «день-ночь». Из рисунка 1 отчетливо виден искомый эффект, который уже достоверно изучен в мировой литературе [1, 3]. Там же даны данные сейсмических наблюдений, из ко-

торых можно сделать некоторые выводы о внесении сейсмичности определенного воздействия на эффекты в эманации – «день-ночь». Магнитуды землетрясений взяты с официального сайта Института Сейсмологии (г. Алматы) [9].

На рисунке 2 представлены те же экспериментальные данные, что и на рисунке 1, только в масштабе, удобном для выявления более долговременных, чем суточные, вариаций. Впервые нам удалось обнаружить 4-х-суточные вариации (рисунок 2).

Из рисунков 1 и 2 отчетливо видна еще одна закономерность, хорошо известная в мировой литературе [1] – подчинение объемной активности радона в открытой атмосфере барометрической закономерности в виде

$$p = p_0 \exp \left[ -Mg \frac{h - h_0}{RT} \right], \quad (1)$$

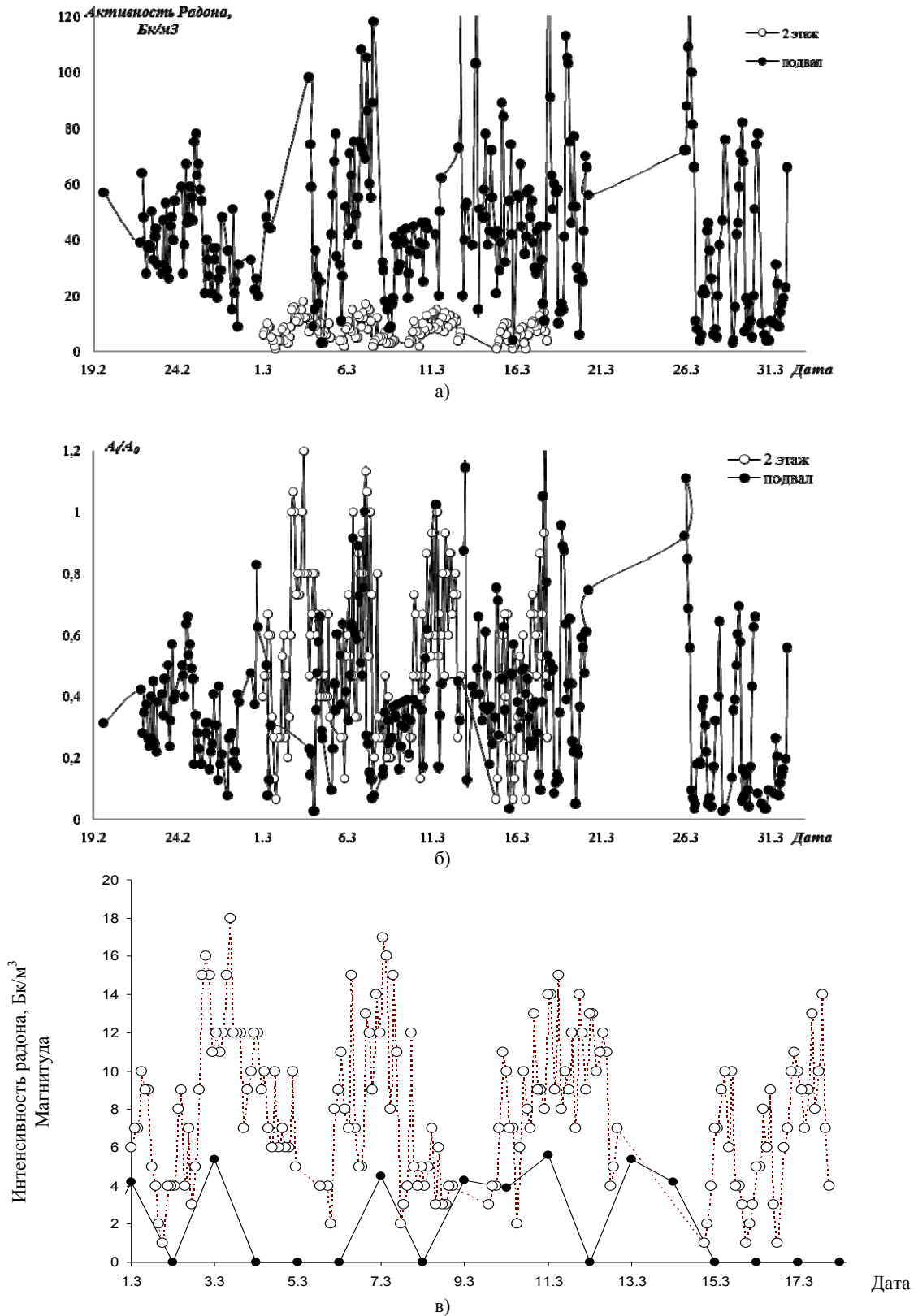
где  $p$  – давление газа в слое, расположенном на высоте  $h$ ,  $p_0$  – давление на нулевом уровне ( $h = h_0$ ),  $M$  – молярная масса газа,  $R$  – газовая постоянная,  $T$  – абсолютная температура. Из барометрической формулы следует, что концентрация молекул  $n$  (или плотность газа) убывает с высотой по тому же закону

$$n = n_0 \exp \left[ -Mg \frac{h - h_0}{RT} \right], \quad (2)$$

где  $M$  – молярная масса газа,  $R$  – газовая постоянная. Из формул (1), (2) следует также экспоненциальный спад активности радона  $A$  с высотой  $h$

$$A = A_0 \exp \left[ -Mg \frac{h - h_0}{RT} \right], \quad (3)$$

где  $A_0$  – активность радона на дневной поверхности. Закономерность (3) отчетливо видна при сравнении ЭРОА подвала и второго этажа (рисунок 1а).



а) в реальном масштабе; б) в относительных единицах для измерений на высотах: – 3м (подвал), + 6 м (2 этаж);  
в) корреляция эманации радона (светлые точки) с магнитудами землетрясений (темные точки)

**Рисунок 1** – Зависимость активности радона от времени:

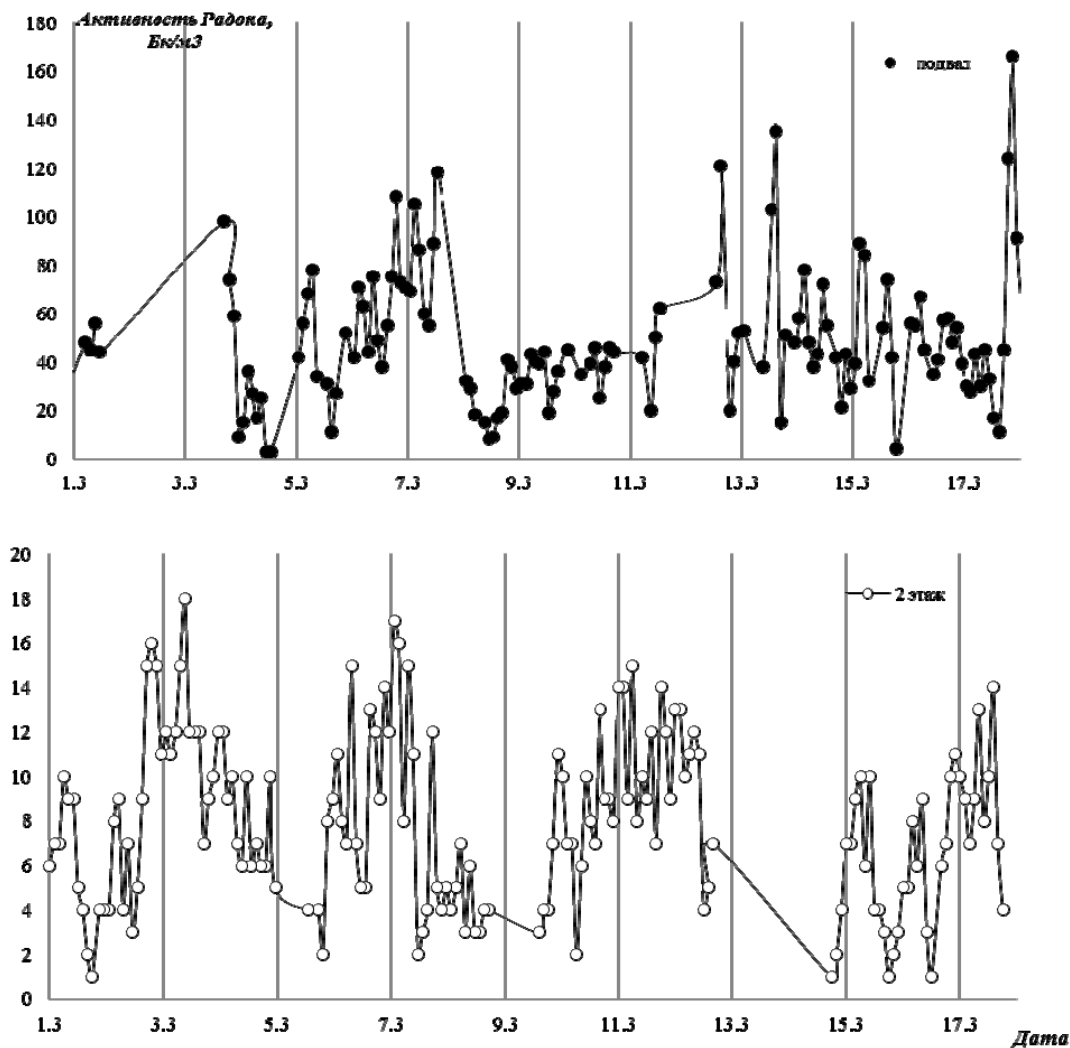
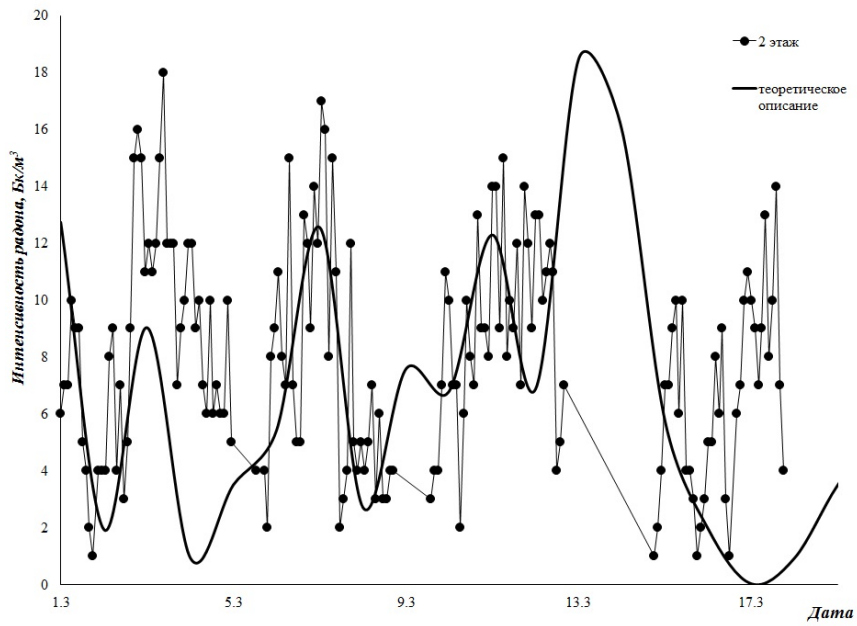


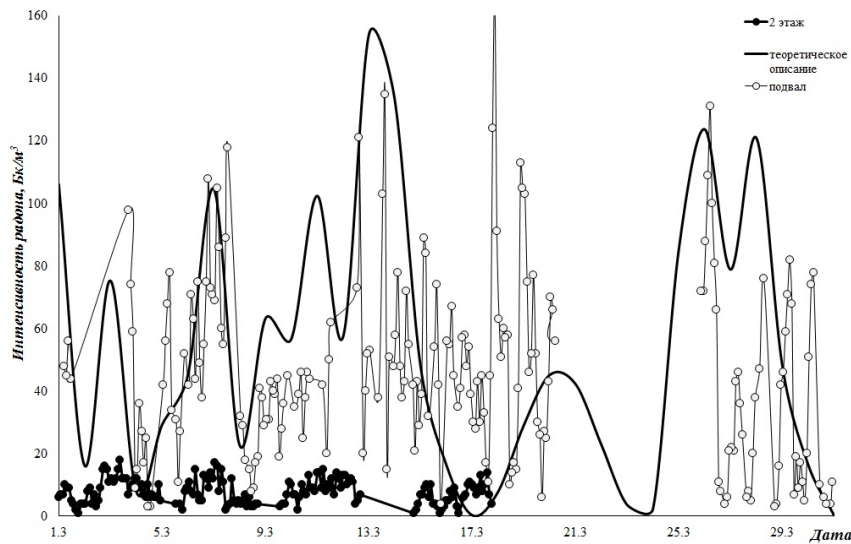
Рисунок 2 – Результаты измерений 4-суточных временных вариаций в период с 1 по 18 марта

На рисунке 3 даны результаты сейсмических наблюдений, из которых напрашивается один любопытный вывод. А именно, обнаруживается корреляция сейсмических пиков с пиками активности радона, которая, в свою очередь, наводит на мысль, что регистрируемые сейсмособы-

тия не являются землетрясениями в обычном понимании их природы, а являются «лунными приливами», то есть поднятиями почвы за счет гравитации Луны, при прохождении Луны над точкой наблюдения.



а)



б)

**Рисунок 3** – Теоретическое описание гравитационного эффекта в эманации и эксхалляции активности радона при прохождении Луны над точкой наблюдения в геометриях – 1) над точкой наблюдения и в точке антипода (сизигийные приливы); 2) точка расположения Луны перпендикулярна оси «Земля – Солнца» (квадратурные приливы): а) высота наблюдения +6 метров; б) высота наблюдения – 3 метра

### Теория вариаций эманации

Релятивистские уравнения эволюционного движения пробного гравитирующего тела ( $m$ ) в

поле центрального вращающегося гравитационного тела ( $m_0$ ) в представлении векторных элементов  $\vec{M}$  (момент импульса) и  $\vec{A}$  (вектор Лапласа) с учетом приливного потенциала имеют вид

$$\dot{\vec{M}} = \vec{M}_{rel} + \vec{M}_{tid} + \vec{M}_{rel+tid} = (M_{rel} + M_{tid})\vec{e}_M + [(\vec{\Omega}_{rel} + \vec{\Omega}_{tid} + \vec{\Omega}_{rel+tid}) \times \vec{M}], \quad \vec{e}_M = \frac{\vec{M}}{M} \quad (4)$$

$$\dot{\vec{A}} = \dot{\vec{A}}_{rel} + \dot{\vec{A}}_{tid} + \dot{\vec{A}}_{rel+tid} = (\dot{A}_{rel} + \dot{A}_{tid})\vec{e}_A + [(\vec{\Omega}_{rel} + \vec{\Omega}_{tid} + \vec{\Omega}_{rel+tid}) \times \vec{A}], \quad \vec{e}_M = \frac{\dot{\vec{A}}}{A} \quad (5)$$

Гравитационный потенциал центрального поля обычно записывается как

$$U = \frac{\gamma m_o}{r} + U_{tid}, \quad (6)$$

где выражение для внешнего приливного потенциала  $U_{tid}$  центрального вращающегося тела в произвольной точке пространства

$$U_{tid} = \frac{\gamma m_o}{R_o} \sum_{n=2} \left(\frac{R_o}{r}\right)^{n+1} \left(\frac{R_o}{r'}\right)^{n+1} k_n P_n(\cos \varepsilon), \quad (7)$$

где  $R_o$  – радиус центрального тела в приближении его сферичности;  $r$  – радиальная координата радиуса – вектора  $\vec{r}$  пробного тела;  $r'$  – радиальная координата радиуса – вектора  $\vec{r}'$ , определяющего величину приливного потенциала;  $\varepsilon$  – угол между  $\vec{r}$  и осью симметрии центрального тела в текущий момент времени;  $k_n$  – безразмерный коэффициент (число Лява), зависящий от физических свойств центрального тела (для системы Земля – Луна  $k_n \sim 10^{-1}$ ).

Специально разработанная нами программа вычисляет, как односуточные вариации, образуемые разностью давления «почвы-воздух» в результате нагрева почвы в течение дня и ее остывания в течение ночи, так и многосуточные вариации, возникающие в следствие гравитационных взаимодействий Земли с ближним и дальним космосом. Отдельное приложение программы учитывает, что на суточные вариации («день-ночь») накладываются дополнительные экстремумы, по-видимому, связанные с особенностями погодных условий (дождь, жара, влажность, снежный покров и т.п.).

Спецпрограмма рассчитывает гравитационное влияние движения Луны, вызывающее приливные и отливные эффекты в почве. За счет этого почвенный радон, закупоренный в порах почвы, вырывается в свободную атмосферу. Из рисунка 2 отчетливо видна модуляция суточных

вариаций 4-х-суточными вариациями. На рисунке 3 представлена временная топология эманации и эксхалации радона, вызванная суммарным воздействием всех, указанных выше, факторов.

### Заключение

На рисунке 4 дана зависимость регистрируемой амплитуды временной топологии активности радона в максимумах соответствующих спектров от магнитуды коррелированных по времени землетрясений. Видно, что хаотический фон активности радона от нуля до 3-х баллов коррелированных землетрясений сменяется на линейную закономерность для больших магнитуд (рисунок 4). Это вселяет надежду найти предвестники средних и больших землетрясений по эманации радона.

Для этого необходимо найти механизмы более ускоренного движения эманации из больших глубин литосферы в приповерхностный слой атмосферы, чем обычная диффузия радона по различным грунтам. Нами последовательно проверяется идея найти такой ускоренный механизм на тектоническом разломе, а еще лучше – на пересечении глобальных или региональных тектонических разломов, таких которые указаны на рисунке 5.

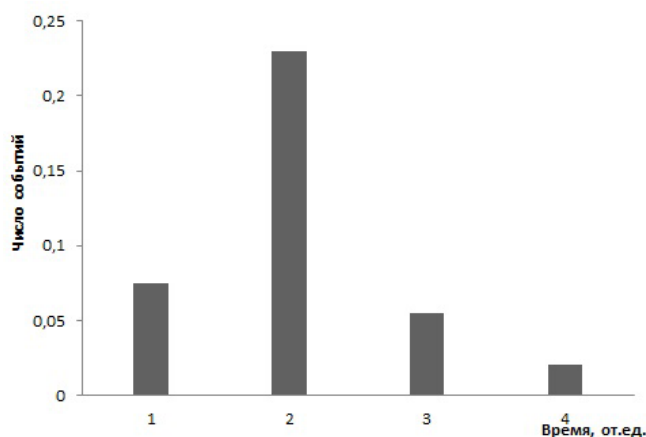


Рисунок 4 – Линейная зависимость эманации активности радона от магнитуды землетрясения

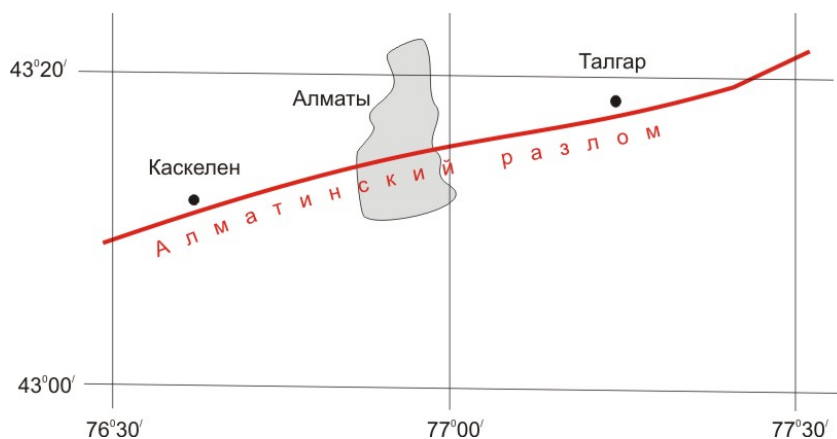


Рисунок 5 – Карта-схема тектонических разломов Алматинской области

На рисунке 5 дана карта-схема тектонических разломов, проходящих по территории г. Алматы и Алматинской области. Движение литосферных плит в какой-то момент их внутреннего движения может совпасть с фазами Луны или Солнца, которые могут действовать как точки бифуркации на момент сильной подвижки литосферной плиты. Тогда известные вариации

могут изменить свою форму и послужить предвестниками землетрясений.

*Статья подготовлена в рамках грантового финансирования научных исследований по теме: «Исследование радоновой опасности населения путем измерений вертикальной, горизонтальной и временной топологии эманации и ее аккумулярования в биологических объектах».*

#### Литература

- 1 Севостьянов В.Н. Проблема радонобезопасности в Казахстане. – Алматы: КазгосИНТИ, 2004. – 212 с.
- 2 Севостьянов В.Н., Абеленцев В.В. Техника радонометрии и ее приложения. – Алматы: НК НТИ, 2010. – 66 с.
- 3 Такибаев Ж.С., Юшков А.В., Севостьянов В.Н., Потребеников Г.К., Канашевич В.И. и др. Обнаружение явления техногенной микросейсмической стимуляции эманации радона из земной коры // Вестник КазГУ. Серия экологическая. – 2000. – №1-2(6-7). – С.6-13.
- 4 Косянчук О.Н. Возможность использования динамики эксхалляции радона как надежного индикатора сейсмической активности // Молодой учёный. — 2011. —Т.1, №11. — С. 53-55.
- 5 Войтов Г.И., Попов Е.А. Геохимический прогноз землетрясений. // Природа. – 1989. – №12. – Р.60-64.
- 6 Okada S. Time variation of the atmospheric radon content near ground surface with relation to some geophysical phenomena, University of Kyoto // Memoir of College of Science. – 1956. – Vol. 28. – P. 99-115.

7 Outkin V.I., Yurkov A.K., Kridashev S.V. Dynamics of radon concentration in soil for predicting earthquakes. – Proc. Third Eurosymposium on Protection against radon, Liege, 10-11 May 2001. – P.137-141.

8 Heiko Woith, Asaf Pekdeger, Georg Matthes, Wolfgang Enge. Spatial and temporal variations of radon in ground air and ground water within the Mudurnu Valley, NW-Turkey : a contribution to the Turkish-German Joint Project on Earthquake Research (Scientific Technical Report; 96/06)

9 <http://some.kz/index.php?p=card&outlang=1&oid=9>

#### References

1 Sevostyanov V.N. Problema radonobezопасnosti v Kazahstane. – Almaty: KazgosINTI, 2004. – 212 s.

2 Sevostyanov V.N., Abelenov V.V. Tehnika radonometrii i ee prilozheniya. – Almaty: NC NTI, 2010. – 66 s.

3 Takibaev Zh.S., Yushkov A.V., Sevostyanov V.N., Potrebenikov G.K., Kanashevich V.I. i dr. Obnaruzhenie yavleniya tehnoгенной mikroseymsicheskoy stimulyacii emanacii radona iz zemnoy kory // Vestnik KazGU. Seriya ekologich. – 2000. – №1-2(6-7). – S.6-13.

4 Kosyanchuk O. N. Vozmozhnost ispolzovaniya dinamiki ekshalyacii radona kak nadezhnogo indikatora seysmicheskoy aktivnosti // Molodoy uchenyy. — 2011. — T.1, №11. — S. 53-55.

5 Voytov G.I., Popov E.A. Geohimicheskiy prognoz zemletryaseniy. Priroda. 1989. №12.S60-64.

6 Okade S. Time variation of the atmospheric radon content near ground surface with relation to some geophysical phenomena, University of Kyoto // Memoir of College of Science. – 1956. – Vol. 28. – P. 99-115.

7 Outkin V.I., Yurkov A.K., Kridashev S.V. Dynamics of radon concentration in soil for predicting earthquakes. – Proc. Third Eurosymposium on Protection against radon, Liege, 10-11 May 2001. – P.137-141.

8 Heiko Woith, Asaf Pekdeger, Georg Matthes, Wolfgang Enge. Spatial and temporal variations of radon in ground air and ground water within the Mudurnu Valley, NW-Turkey : a contribution to the Turkish-German Joint Project on Earthquake Research (Scientific Technical Report; 96/06)

9 <http://some.kz/index.php?p=card&outlang=1&oid=9>.