

**ДОМИНАНТНЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГАММА-ПОЛЕ И УРОВЕНЬ ОБЪЕМНОЙ
АКТИВНОСТИ ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА
(на примере г.Баку)**

А.Р.Алиева

*Институт геологии и геофизики НАНА
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 119: aziza-alieva@rambler.ru*

**PREDOMINANT FREQUENCIES OF SOIL AND THEIR INFLUENCE ON THE GAMMA FIELD AND
LEVEL OF SUBSOIL RADON ACTIVITY: BAKU CITY AS A CASE STUDY**

A.R.Aliyeva

*Geology and Geophysics Institute, Azerbaijan National Academy of Sciences
H.Javid Ave., 119, Baku, Azerbaijan, AZ1143: aziza-alieva@rambler.ru*

Keywords: *radiation
background, Baku city, radon,
microtremor measurements*

Summary. The paper attempts to compare the soil parameters by microtremor measurements with the natural radiation background and radon field over the central part of Baku city. These researches revealed that radon concentration in soil depended on the integrated factors such as soil radioactivity, soil type, dominant (resonance) frequencies and soil amplification factor. The direct dependency between radon concentration, dominant (resonance) frequency and soil amplification factor was determined. In the reviewed frequency range, the highest radon concentration is observed at about 10 Hz with soil amplification factor at the point of 1.9-2.1. The paper also concludes that the lowest levels of radon concentration and radioactivity are evident in sands, but the highest values are found in unconsolidated rocks with inclusions of loam, gravel and clay.

© 2018 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Введение

Радиационное поле земной поверхности, или иначе поле ионизирующих излучений, складывается под влиянием радиоактивного распада естественных и искусственных радионуклидов, содержащихся в окружающей нас среде. Радиоактивные поля земной поверхности индивидуальны для каждого региона.

В формировании радиоактивного фона окружающей среды участвуют многие радиоактивные элементы и продукты их распада, одним из которых является газ радон (Rn-222). Естественным источником радона служат породы литосферы как магматические, так и осадочные (глины, сланцы и т.д.), в которых радон образуется при распаде материнского изотопа радия (Ra-226).

Радон используется в качестве одного из индикаторов изменений в окружающей среде. Зоны с интенсивной флюидодинамикой (зоны активных тектонических нарушений, грязевые вулканы и др.) проявляются аномальными значениями

этого газа (Алиев и др., 2003). Он также относится к предвестникам землетрясений (Алиев, 2010).

Целью данной работы является: сопоставление параметров характеристик грунтов, установленных микротрёморными измерениями, и естественного радиационного и радонового полей центральной части г. Баку, выявление зависимости концентрации радона от доминантной (резонансной) частоты, коэффициента усиления амплитуды колебаний и от интегральной радиоактивности грунта.

Изученность вопроса

Одной из первых работ, посвященных изучению газового режима в приповерхностных отложениях в искусственно созданном вибросейсмическом поле, является исследование, проведенное в Белорусском Полесье (Николаев и др., 1984). Здесь в качестве источника вибросейсмических колебаний в почвенных и подпочвенных отложениях был использован вибратор с вибро-

тяговой силой 50 т, работавший в режиме излучения гармонического сигнала частотой от 1 до 40 Гц. В результате этих экспериментальных работ было установлено существенное изменение химического состава газозвушной смеси в наблюдательных скважинах на различных расстояниях от виброисточника и при различных режимах его работы, обусловленное, по мнению авторов, механохимическими реакциями.

Позднее на этом же полигоне в поле вибровоздействия учеными Института геологии Академии наук Азербайджана были проведены наблюдения за вариациями в приповерхностных отложениях радона (Фейзуллаев, 1991). Измерения потока радона осуществлялись альфа-трековым методом. Результаты наблюдений показали, что вибровоздействие на породы способствует дополнительному выходу подпочвенного радона. При этом было установлено, что при прочих равных условиях (расстояние до виброисточника – 13-15 м, а время вибровоздействия – 5-10 мин.) интенсивность его выхода зависит от частоты колебаний: наибольшие его эманации наблюдаются при вибрации с частотой 18 Гц, наименьшие – 16 и 19-20 Гц. Наибольший выход радона отмечается в первые 4-6 мин. вибровоздействия.

Факт наличия определенных избирательных частот, при которых прослеживаются максимальные амплитуды флюидной динамики, установлен по другим параметрам наблюдения (уровень воды, различные газовые компоненты) независимыми исследованиями и других ученых (Коробейник, Гурвич, 1985; Аммосов, 1986; Киссин и др., 1987).

Рост выхода подпочвенного радона во время вибровоздействия дает основание говорить об импульсном усилении интенсивности газовых потоков в целом во время землетрясений в сейсмоактивных областях по сравнению с асейсмичными районами.

Предмет и методика исследования

В пределах г.Баку в 2012-2014 гг. были проведены микротрёморные измерения, которые позволили выявить особенности изменения в пространстве коэффициента усиления амплитуд колебания и доминантных (резонансных) частот колебаний грунта (Кадилов и др., 2012; Kadirov et al., 2012).

Микротрёморные измерения проводились акселерометром Guralp CMG-5TD. Измерения выполнялись с шагом 200-250 м в 200 точках г.Баку. Координаты точек измерения определялись с использованием GPS в системе WGS-84. По полученным данным были построены карта

доминантных частот грунтов и карта коэффициента усиления амплитуд колебаний для города Баку (рис. 1).

В результате проведенных исследований было выявлено влияние неоднородности грунтов на их резонансные свойства. В отдельных зонах города Баку наблюдается повышение доминантных частот на фоне низких значений коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта. Это говорит о том, что, возможно, в этих зонах состав грунтов неоднороден, а именно: на фоне твердых пород наблюдаются рыхлые разуплотненные породы с включениями песков, гравия-гальки, а в ряде случаев и водонасыщенные пески и глины. Последние прослеживаются главным образом в прибрежной части города.

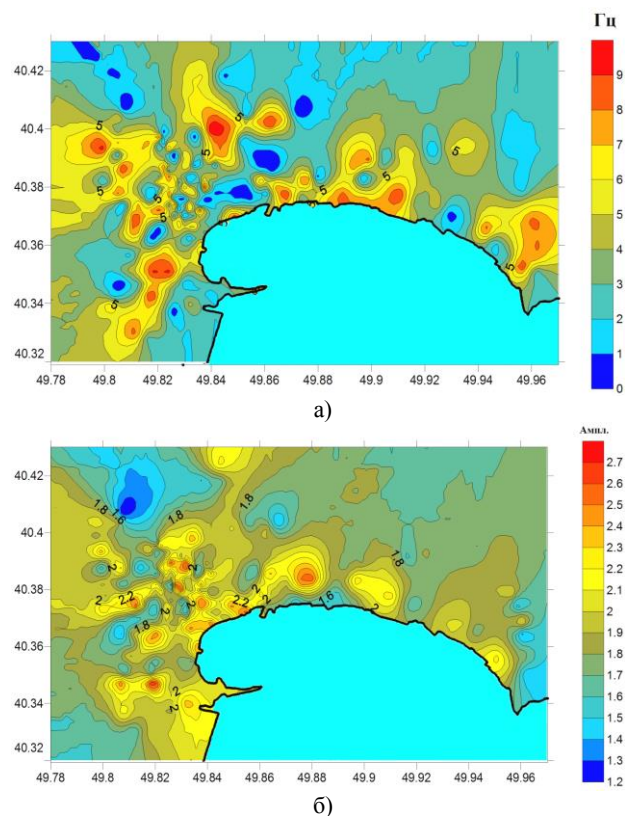


Рис. 1. Карта распределения доминантных (резонансных) частот колебаний грунта (а) и карта коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта (б) для города Баку (Кадилов и др., 2012)

С целью изучения влияния изменчивости грунтов, их доминантных частот и коэффициента усиления амплитуд колебаний на радиоактивный фон и концентрацию радона был отработан профиль в центральной части г. Баку: от ул. Фаика Юсифова до ул. Дадаша Буниатзаде. Профиль проходит через зоны повышенных доминантных частот на фоне низких значений коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта. Для изучения радиационной обстановки на данном про-

филе также была проведена пешеходная гамма-съемка. Данные о типах почв и грунтов были заимствованы из альбома гидрогеологических карт Абшеронского полуострова (Исрафилбеков и др., 1983).

Следует отметить, что измерения концентрации радона на территории Азербайджана, в том числе и на территории Абшеронского полуострова, были проведены в 2010-2011 гг. (Veliyeva et al., 2012). Детальные исследования были проведены также и на территории г. Баку (рис. 2).

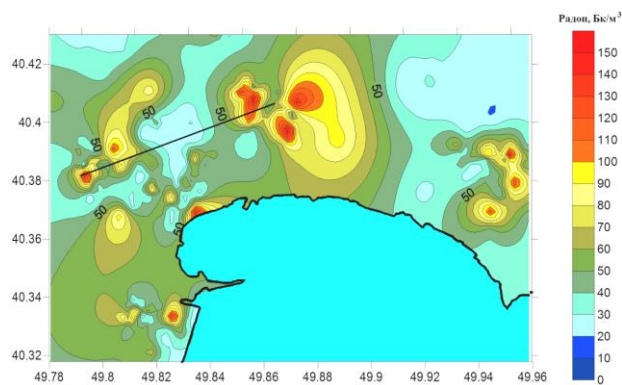
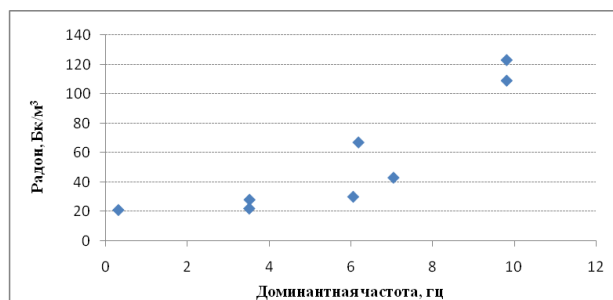


Рис. 2. Карта распределения объемной активности радона на территории г.Баку и месторасположение исследуемого профиля

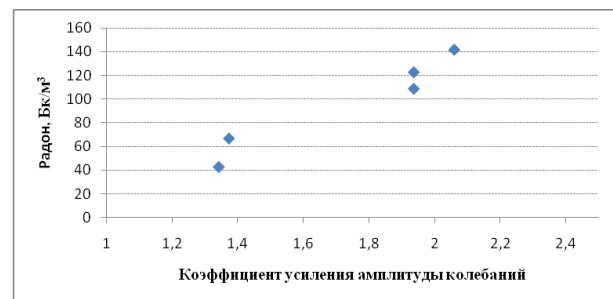
Обсуждение результатов

Анализ данных замеров концентраций радона вдоль исследуемого профиля выявил зависимость их значений от комплекса факторов. Установлена прямая зависимость концентрации радона от доминантных частот и коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта (рис. 3). В рассмотренном интервале доминантных частот наиболее высокие значения радона наблюдаются при частотах около 10 гц и коэффициенте усиления амплитуд колебаний грунта примерно 1,9-2,1. Вполне естественна и установленная прямая зависимость между концентрацией радона и интегральной радиоактивностью грунта (см. рис. 3).

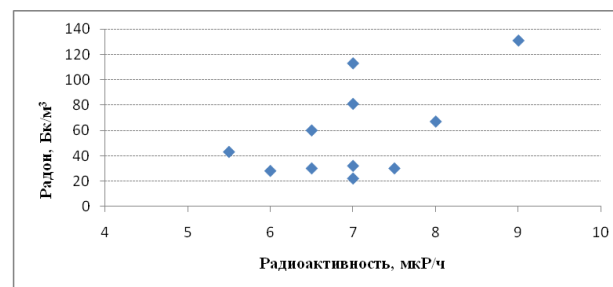
Из приведенных ниже таблиц (табл. 1, 2) видно, что прослеживается определенная зависимость концентрации радона и интегральной радиоактивности от типа почв: как и ожидалось, наиболее низкие значения обоих параметров характерны для песков, а наиболее высокие – разуплотненных пород с включением суглинков, гравия и глин.



а)



б)



в)

Рис 3. Зависимости изменения концентрации радона от доминантной частоты колебаний грунта (а); от коэффициента усиления амплитуды колебаний грунта (б); от интегральной радиоактивности грунта (в)

Таблица 1

Изменение концентрации радона в зависимости от типа почвы

Тип почв	Количество точек	Пределы изменения, Бк/м ³	Среднее значение, Бк/м ³
Пески	7	21-131	46
Известняки	6	37-123	68
Переслаивание суглинков, известняков и глин	7	21-142	75

Изменение интегральной радиоактивности в зависимости от типа почвы

Тип почв	Количество точек	Пределы изменения, мкР/ч	Среднее значение, мкР/ч
Пески	7	5-8,5	6,5
Известняки	4	5-9	7
Переслаивание суглинков, известняков и глин	9	6-8	7,2

Выводы

Таким образом, проведенные исследования выявили совокупное влияние на концентрацию радона в почве комплекса факторов, таких как

радиоактивность грунта, тип почвы, доминантные (резонансные) частоты колебаний и коэффициент усиления амплитуд колебаний грунта.

ЛИТЕРАТУРА

- Алиев Ч.С. Реакция радонового поля земной поверхности на землетрясение. Дегазация Земли: геотектоника, геодинамика, геофлюиды, нефть и газ, углеводороды и жизнь. В материалах Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию со дня рождения академика П.Н. Кропоткина. 18-22 октября 2010 г., Москва, 2010, с. 26-29.
- Алиев Ч.С., Золотовицкая Т.А., Фейзуллаев, А.А. Природа радиоактивных полей некоторых грязевых вулканов Восточного Азербайджана. Известия НАНА. Науки о Земле, № 2, 2003, с. 51-57.
- Аммосов С.М. Первые результаты экспериментов по механо-химическому образованию углеродистых газов в природных условиях. В тезисах докладов 2-го Всесоюзного совещания по геохимии углерода. Москва, 1986, с. 312-314.
- Исрафилбеков И.А., Листенгартен В.А., Шахсуваров А.С. Альбом гидрогеологических карт Апшеронского полуострова масштаба 1:50 000. Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР. Москва, 1983, 71 с.
- Кадиров Ф.А., Бабаев Г.Р., Гадиров А.Г., Сафаров Р.Р., Мухтаров А.Ш. Микросейсмическое районирование города Баку по данным микротреморных измерений. В кн.: Проблемы снижения природных опасностей и рисков. Материалы Международной научно-практической конференции «ГЕОРИСК 2012». В. 1. Российский Университет Дружбы Народов, Москва, 2012, с. 94-98.
- Киссин И.Г., Барабанов В.Л., Гриневский А.О. Об эффектах вибрационного воздействия на водо- и нефтенасыщенные пласты. Препринт ИФЗ АН СССР. № 4, 1987, 19 с.
- Коробейник Г.С., Гурвич В.И. Газогеохимические эффекты при динамическом воздействии на геологическую среду. Геофизические и геохимические методы при решении экономических и техногенных проблем на урбанизированных территориях. ВНИИЯГ. Москва, 1985, с. 80-85.
- Николаев А.В., Аммосов С.М., Войтов Г.И. и др. О летучих продуктах в сейсмовибрационном поле подпочвенного слоя. Доклады АН СССР, В. 279, № 6, 1984, с.1444-1450.
- Фейзуллаев А.А. О роли сейсмоструктурного фактора в дегазации Земли. В материалах III Всесоюзного совещания: Дегазация Земли и геотектоника. Наука. Москва, 1991, с. 56-57.
- Kadirov F.A., Babayev G.R., Gadirov A.G. Analysis of horizontal to vertical spectra of microseisms for Baku city. IV International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI'2012), 2012, pp. 96-98.
- Veliyeva F.F., Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Baghirli R.J., Pampuri L., Hoffmann M., Valsangiacomo C. Indoor radon mapping in Azerbaijan. 11th International workshop on the geological aspects of radon risk mapping. Prague, 2012, pp. 260-268.

REFERENCE

- Aliyev Ch.S. Response of radon field of Earth surface on earthquake. Earth degassing: geotectonics, geodynamics, geofluids, oil and gas, hydrocarbons and life. International conference proceedings dedicated to the 100th anniversary of academician P.N. Kropotkin, October 18-22, 2010, Moscow, pp. 26-29 (in Russian).
- Aliyev Ch.S., Zolotovitskaya T.A., Feizullayev A.A. Nature of radioactive fields of some mud volcanoes of the East Azerbaijan. Proceedings of ANAS. The Sciences of Earth, № 2, 2003, pp. 51-57 (in Russian).
- Ammosov S.M. First results of experiments on mechanic and chemical formation of carbon gases in nature. In theses of reports: 2nd All-Union Workshop on carbon geochemistry. Moscow, 1986, pp. 312-314 (in Russian).
- Feyzullayev A.A. About role of seismotectonic factor in Earth degassing. Proceedings of 3rd All-Union Workshop: Earth degassing and geotectonics. Nauka. Moscow, 1991, pp. 56-57 (in Russian).
- Israfilbekov I.A., Listengarten V.A., Shakhshuvarov A.S. Album of hydrogeological maps of Apsheron Peninsula. Scale 1:50 000. Department of geodesy and mapping under the Council of Ministers of the USSR. Moscow, 1983, 71p. (in Russian).
- Kadirov F.A., Babayev G.R., Gadirov A.G., Safarov R.R., Mukhtarov A.Sh. Microseismic zonation of Baku city by microtremour measurements. In book: Problems of natural hazards and risks reduction. Materials of International scientific and practical conference "GeoRisk 2012". V.1. Russian University of Friendship of People (RUDN), Moscow, 2012, pp. 94-98 (in Russian).
- Kadirov F.A., Babayev G.R., Gadirov A.G. Analysis of horizontal to vertical spectra of microseisms for Baku city. IV International Conference "Problems of Cybernetics and Informatics" (PCI'2012), 2012, pp. 96-98.
- Kissin I.G., Barabanov V.L., Grinevsky A.O. About effects of vibration influence on water and oil-filled formations. Preprint IFZ of AS USSR, № 4, 1987, 19 p. (in Russian).
- Korobeinik G.S., Gurvich V.I. Gas-geochemical effects in dynamic influence on geological environment. Geophysical and geochemical methods in solving economic and technogenic problems over urbanized areas. VNIYaGG. Moscow, 1985, pp. 80-85 (in Russian).
- Nikolayev A.V., Ammosov S.M., Voitov G.I. et al. About volatile products in seismovibration field of subsurface layer. Doklady of the Academy of Sciences of the USSR, V.279, № 6, 1984, pp. 1444-1450 (in Russian).
- Veliyeva F.F., Aliyev Ch.S., Feyzullayev A.A., Baghirli R.J., Pampuri L., Hoffmann M., Valsangiacomo C. Indoor radon mapping in Azerbaijan. 11th International workshop on the geological aspects of radon risk mapping. Prague, 2012, pp. 260-268.

**ДОМИНАНТНЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ГРУНТА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ГАММА-ПОЛЕ
И УРОВЕНЬ ОБЪЕМНОЙ АКТИВНОСТИ ПОДПОЧВЕННОГО РАДОНА
(на примере г.Баку)**

А.Р.Алиева

*Институт геологии и геофизики НАНА
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 119: aziza-alieva@rambler.ru*

Резюме. В статье сопоставлены параметры характеристик грунта, установленные микротреморными измерениями, и естественное радиационное и радоновое поля центральной части г. Баку. Проведенные исследования выявили совокупное влияние на концентрацию радона в почве комплекса факторов, таких как радиоактивность грунта, тип почвы, доминантные (резонансные) частоты колебаний грунта и коэффициент усиления амплитуд колебаний грунта. Установлена прямая зависимость концентрации радона от доминантных (резонансных) частот и коэффициента усиления амплитуд колебаний грунта. В рассмотренном интервале доминантных (резонансных) частот наиболее высокие значения радона наблюдаются при частотах около 10 гц и коэффициенте усиления амплитуд колебаний грунта примерно 1,9-2,1. Показано, что наиболее низкие значения интегральной радиоактивности и концентрации радона характерны для песков, а наиболее высокие – разуплотненных пород с включением суглинок, гравия и глин.

Ключевые слова: радиационный фон, Абшеронский полуостров, радон, микротреморные измерения

**QRUNT HƏRƏKƏTİNİN DOMİNANT TEZLİKLƏRİ VƏ ONLARIN QAMMA SAHƏYƏ
VƏ YERALTİ RADONUN HƏCMİ AKTİVLİYİNƏ TƏSİRİ
(Bakı şəhərinin timsalında)**

Ə.R.Əliyeva

*Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Geologiya və Geofizika İnstitutu
AZ1143, Bakı, Hüseyn Cavid prosp.,119: aziza-alieva@rambler.ru*

Xülasə. Məqalədə Bakı şəhərinin mərkəzi hissəsi üçün miktrotremor ölçmələri vasitəsilə alınmış qruntun xüsusiyyətlərinin parametrləri təbii radiasiya və radon sahəsi ilə müqayisə edilmişdir. Aparılmış tədqiqatlar nəticəsində müəyyən edilmişdir ki, torpaqda radonun konsentrasiyasına qruntun radioaktivliyi, torpağın tipi, qrunt hərəkətinin amplitudalarının güclənmə əmsalı və dominant (rezonans) tezliklər kimi faktorlar birgə təsir göstərir. Radonun konsentrasiyasının təbii radioaktivlikdən, qrunt hərəkətinin tezlikləri və qrunt hərəkətinin amplitudalarının güclənmə əmsalından birbaşa asılılığı müəyyən edilmişdir. Araşdırılmış dominant tezliklər intervalında radonun ən yüksək miqdarı 10 hs-ə yaxın tezliklərdə və təxminən 1,9-2,1 qrunt hərəkətinin amplitudalarının güclənmə əmsalında müşahidə olunmuşdur. Radonun və radioaktivliyin aşağı konsentrasiyaları qumlar, ən yüksəkləri isə gilcə, çınqıl və gillərin püruzlarını daşıyan kövrək, seyrəkləşmiş suxurlar üçün səciyyəvidir.

Açar sözlər: radiasiya fonu, Abşeron yarımadası, radon, miktrotremor ölçmələri