

**ВАРИАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ РАДОНА В ПОЧВЕ И  
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ОБСЕРВАТОРИИ  
ЯНГИБАЗАР В 2022–2025 ГОДАХ**

**УДК 550.35:550.34**

**Рузимбоев Фаррух Фарходович**

*Младший научный сотрудник лаборатории «Янгибазарская опытно-экспериментальная обсерватория» Института сейсмологии имени Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

E-mail: frozimboyev@gmail.com

ORCID ID: 0009-0002-7125-2611

Science ID: MXR 0726-0156

**Хусомиддинов Ахрор Сабриддинович**

*Заведующий лабораторией «Янгибазарская опытно-экспериментальная обсерватория» Института сейсмологии имени Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

E-mail: ahrors1980@gmail.com

ORCID ID: 0000-0001-6970-3482

Science ID: FTV-1225-0030

**Эшпулатов Ойбек Тошмухаммад угли**

*АО «Гидропроект», г. Ташкент, Узбекистан*

*Инженер I категории*

E-mail: 7esanovoybek@gmail.com

ORCID: 0009-0004-2049-0497

Science ID: MSN-0926-0480

**Нуриддин Нухриддин Рискыбоевич**

*Младший научный сотрудник лаборатории «Янгибазарская опытно-экспериментальная обсерватория» Института сейсмологии имени Г.А. Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

E-mail: nuriddinovnuxriddin@gmail.com

ORCID: 0009-0005-7592-6355

Science ID: MTV-0926-0269

**Аннотация.** В статье представлены результаты непрерывных наблюдений за изменением содержания радона в почве, а также влажности воздуха и атмосферного давления в обсерватории Янгибазар в 2022–2025 годах. Основной целью исследования является выявление закономерностей временной изменчивости содержания радона и оценка возможности выделения аномальных изменений, потенциально связанных с геодинамическими и сейсмическими

процессами. Наблюдения за плотностью потока радона проводились с использованием радонмера RR-3s, установленного в скважине глубиной около 1 м и защищённого от непосредственного воздействия атмосферных осадков. Анализ среднесуточных, среднемесячных и годовых значений показал наличие устойчивой сезонной изменчивости содержания радона. Наиболее выраженное увеличение значений, как правило, наблюдалось в весенне-летний период, после чего происходило постепенное снижение и стабилизация показателей. Сравнение результатов за 2022–2025 годы показало близкие сроки начала и окончания сезонных вариаций, однако их амплитуда в отдельные годы различалась. В 2022–2024 годах максимальные значения плотности потока радона достигали 15,8–17,4 Бк/м<sup>2</sup>·с, тогда как в 2025 году максимальное значение составило 14,3 Бк/м<sup>2</sup>·с. Анализ суточных разностей не выявил устойчивых резких изменений, которые можно было бы однозначно связать с процессами подготовки землетрясений. Одновременно установлено, что изменения содержания радона сопровождаются выраженной сезонной изменчивостью метеорологических параметров. В течение года влажность воздуха и атмосферное давление также характеризовались закономерными сезонными колебаниями. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости комплексного учёта метеорологических и геологических факторов при интерпретации радоновых вариаций и выделении возможных аномальных изменений, связанных с геодинамическими процессами.

**Ключевые слова:** радон, плотность потока радона, почвенный газ, сезонные вариации, радоновая аномалия, сейсмические процессы, геодинамика, влажность воздуха, атмосферное давление, обсерватория Янгибазар.

**Annotatsiya.** Mazkur maqolada Yangibozor obsevatoriyasida 2022–2025-yillar davomida tuproqdagi radon miqdori, atmosfera havosining namligi va atmosfera bosimining uzluksiz kuzatuvlari natijalari keltirilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi radon miqdorining vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyatlarini aniqlash hamda kuzatilgan variatsiyalarning mavsumiy va geodinamik jarayonlar bilan bog'liqligini baholashdan iborat. Radonning tuproqdan chiqish zichligi RR-3s radonomeri yordamida taxminan 1

m chuqurlikdagi quduqda o'lgan. O'rtacha sutkalik, oylik va yillik qiymatlarning tahlili radon miqdorida barqaror mavsumiy o'zgarishlar mavjudligini ko'rsatdi. 2022–2024-yillarda radon oqimining maksimal qiymatlari 15,8–17,4 Bk/m<sup>2</sup>·s gacha yetgan bo'lsa, 2025-yilda maksimal qiymat 14,3 Bk/m<sup>2</sup>·s ni tashkil etdi. Tadqiqot davrida radon qiymatlarining keskin va uzoq davom etuvchi o'zgarishlari aniqlanmadi. Kuzatilgan o'zgarishlar asosan mavsumiy xususiyatga ega bo'lib, ularni talqin qilishda meteorologik omillarni, xususan, havo namligi va atmosfera bosimini hisobga olish zarurligi aniqlandi. Olingan natijalar radon monitoringi ma'lumotlarini seysmik va geodinamik jarayonlarni o'rganishda qo'llash uchun kompleks yondashuv zarurligini ko'rsatadi.

**Kalit so'zlar:** radon, radon oqimi zichligi, tuproq gazi, radon variatsiyasi, mavsumiy o'zgarish, seysmik jarayon, geodinamik jarayon, havo namligi, atmosfera bosimi, radon monitoringi, Yangibozor observatoriyasi.

**Abstract.** This paper presents the results of continuous observations of soil radon content, air humidity, and atmospheric pressure at the Yangibazar Observatory during 2022–2025. The main objective of the study is to identify the temporal patterns of radon variability and to assess the relationship between the observed variations and seasonal and geodynamic processes. Radon flux density was measured using an RR-3s radon monitor installed in a borehole approximately 1 m deep. Analysis of daily, monthly, and annual values revealed a stable seasonal pattern in soil radon variability. During 2022–2024, the maximum radon flux density values reached 15.8–17.4 Bq/m<sup>2</sup>·s, whereas the maximum value in 2025 was 14.3 Bq/m<sup>2</sup>·s. No sharp and prolonged changes in radon content were identified during the observation period. The observed variations were predominantly seasonal, indicating the importance of considering meteorological factors, particularly air humidity and atmospheric pressure, when interpreting radon variations. The obtained results demonstrate the need for an integrated analysis of radon monitoring data together with meteorological and geodynamic parameters in studies of seismic processes.

**Keywords:** radon, radon flux density, soil gas, radon variations, seasonal variations, seismic processes, geodynamic processes, air humidity, atmospheric pressure, radon monitoring, Yangibazar Observatory.

**Введение. Материалы и методы исследования.** Вариации содержания радона в почве. Радон (Rn) — радиоактивный инертный газ, возникающий в результате распада урана, содержащегося в почвах, грунтах и горных породах. Он постоянно высвобождается из Земли и в нормальных условиях быстро рассеивается. Перед землетрясением, во время его реализации и после землетрясения наблюдается повышенное содержание радиоактивного газа радона в почвенном воздухе и грунтовых водах, негативное воздействие которого на окружающую среду установлено многими исследованиями.

Плотность потока радона (ППР) измеряется в следующих единицах:

- **Бк/м<sup>2</sup>·с** (беккерель на квадратный метр в секунду) — основная единица измерения, показывающая количество радона, поступающего с единицы площади за единицу времени

- **кБк/м<sup>3</sup>** (килобеккерель на кубический метр) — используется для измерения концентрации радона в почве на разной глубине

- **Бк/м<sup>3</sup>** (беккерель на кубический метр) — применяется для оценки концентрации радона в воздухе.

На фоне многочисленных предвестников землетрясений всегда отмечается роль радона, начиная с первых исследований этого предвестника (Мавлянов и др., 1976), как постоянного, но неоднозначного признака.

В работе [1] авторами исследованы плотности потока радона в городе Тобольске и некоторых населенных пунктах Тюменской области, с целью выявления радоноопасных территорий.

А.Р. Алиевой изучено влияние свойств грунтов на естественный радиационный фон и на уровень объемной активности радона в центральной части

г. Баку. Кроме того, было отмечено, что наиболее низкие значения концентрации радона и радиоактивности характерны пескам, а наиболее высокие — рыхлым разуплотненным породам с включением суглинков, гравия и глин [2].

Авторами работ [3] экспериментально обоснованы данные, характеризующие ранее неизвестные особенности миграционного поведения радона в приземной атмосфере и приповерхностных слоях грунтов.

М.Ю. Маркиным по результатам эманационной съемки установлено, что в большинстве случаев вдоль разрывных нарушений фиксируются аномальные значения объемной активности  $Rn222$ , что позволяет уточнить положение разломов на местности. Существенные неоднородности в распределении объемной активности  $Rn222$  отмечаются вкrest простираения разломных зон и связаны с изменчивостью их проницаемости. Максимальные значения аномалий объемной активности  $Rn222$  приурочены к наиболее активным в геодинамическом отношении участкам разломных зон [4].

В работе [5] изучены закономерности поведения объемной активности радона (ОАР) при подготовке тектонического события и выполнен анализ других природных явлений, вызванных процессом подготовки землетрясения 5 сентября 2018 года с магнитудой  $M_L = 5,4$ . В результате установлено, что предполагаемые деформации сжатия проявились в гидрогеодинамическом поле по крайней мере за 10 лет до самого события.

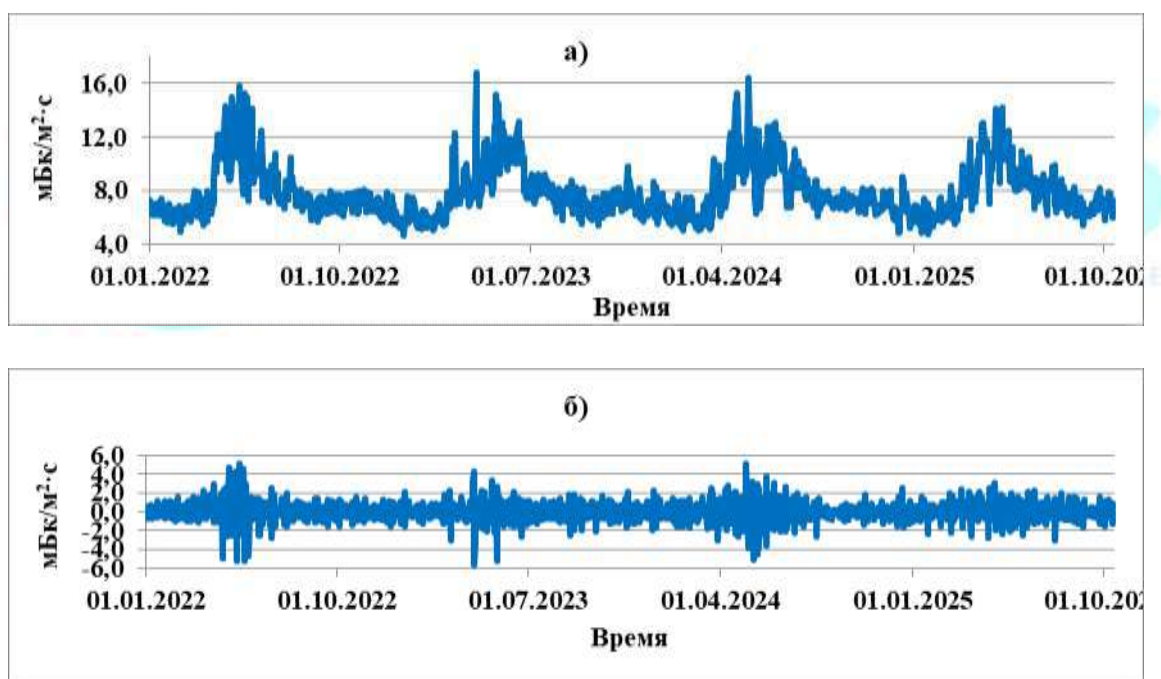
В работе [6] с помощью измерительного комплекса «Камера-01» изучены плотность потока радона в трех видах почв — глинистые, песчаные почвы и чернозем. Результаты позволили оценить влияющие факторы на содержание радона в почвенных грунтах в зависимости от их вида. Исследования проводились летом 2024 года в г. Тюмени. В результате исследований установлено, что в песчаных почвах обычно низкая способность к удержанию воды и высокая проницаемость. Это может привести к более низкой плотности потока радона, поскольку газ может быстрее уходить через поры и не задерживается в почве.

Однако в сухих условиях глубинные источники радона в данном типе почв могут давать более высокие показатели. Кроме того, исследованы содержание радона в почвах различных типов – глинистых почвах и черноземах.

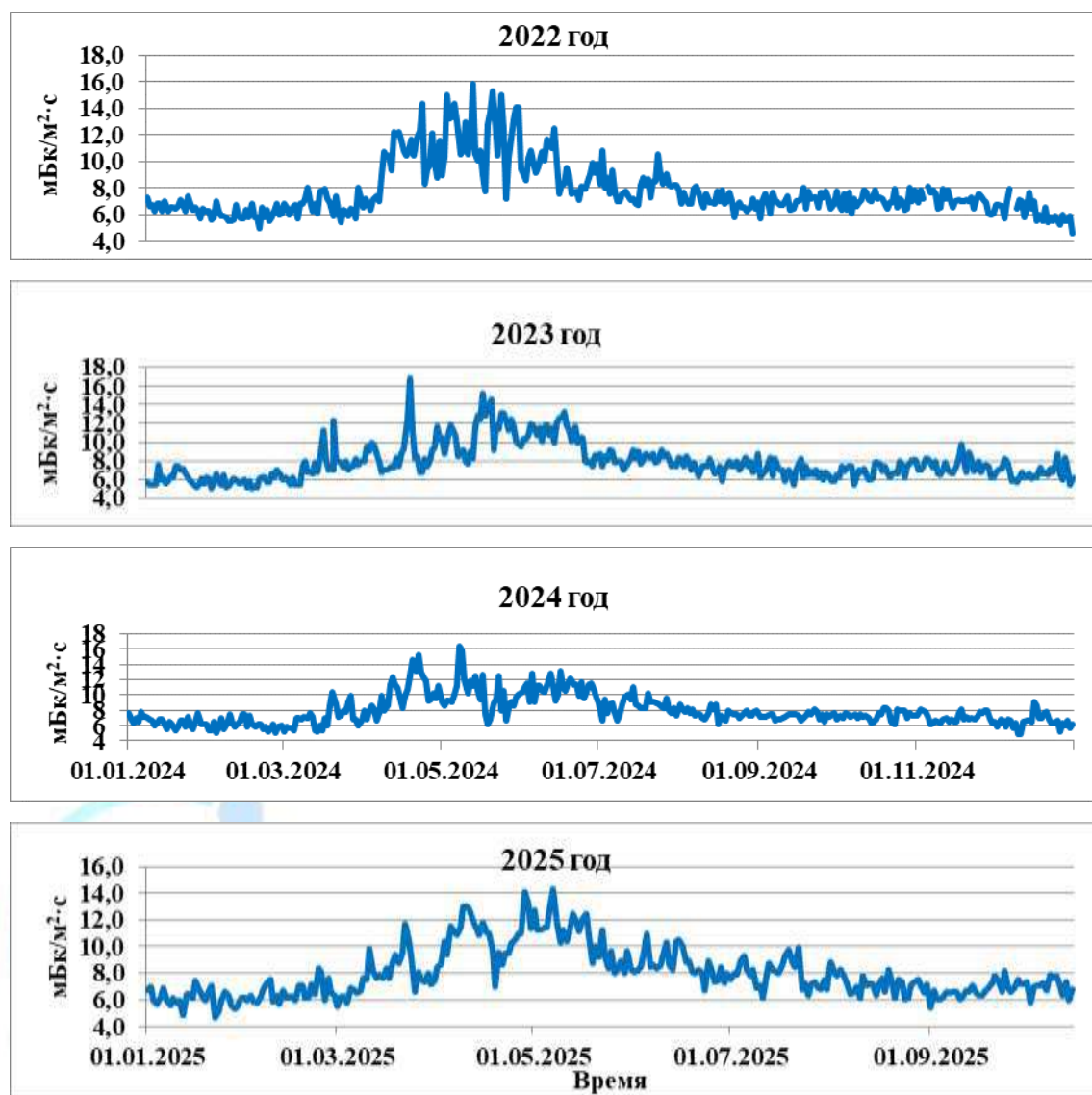
Таким образом, радон является одним из наиболее перспективных индикаторов предстоящих землетрясений, хотя его использование требует комплексного подхода и учета множества факторов.

**Результаты.** Непрерывные наблюдения за изменением содержания радона в почве в обсерватории Янгибазар проводились с помощью радонмера RR-3s, установленной в скважине с глубиной около метра и защищенной от атмосферных осадков. На рисунке 1 представлен график, построенный по среднесуточным значениям содержания радона и разностей среднесуточных значений в 2022-2025 годах. Как видно в каждом году наблюдаются сезонные вариации содержания радона. Продолжительность вариаций близки друг другу. С января до начала апреля 2022 года содержание радона находится в интервале 6-7 Бк/м<sup>2</sup>.с, с некоторыми отклонениями. С апреля наблюдается рост и 17 мая достигает до 15,8 Бк/м<sup>2</sup>.с и затем с разной скоростью начинает понижаться и это происходит до конца июля месяца (7,6 Бк/м<sup>2</sup>.с). Далее значения практически стабилизируются и это происходит до середины декабря. Во второй половине декабря 2022 года и до конца февраля месяца 2023 года содержание радона уменьшается – 31 декабря принимает самое минимальное значение – 4,6 Бк/м<sup>2</sup>.с. В этом отрезке выход радона из почвы очень низкий, по-видимому причина этому сухая зимняя погода. С начала марта 2023 года содержание радона опять начинает расти и это сопровождается с некоторыми спадами значений. 14 апреля принимает максимальное значение для этого отрезка времени -16,8 Бк/м<sup>2</sup>.с. Затем с некоторыми всплесками начинается понижение и этот процесс продолжается почти до начала июля месяца 2023 года. В интервале июль-сентябрь наблюдается общее понижение от 8,8 до 5,8 Бк/м<sup>2</sup>.с, а в октябре-ноябре – незначительный рост от 6,9 до 8,9 Бк/м<sup>2</sup>.с. С декабря 2023 года до марта 2024 года наблюдается несколько циклов роста и снижения содержания радона, в этом интервале времени оно варьирует от 5,0 до 8,3 Бк/м<sup>2</sup>.с. Со середины

марта содержание радона растёт и 8 мая принимает максимальное значение за весь период наблюдения – 17,4 Бк/м<sup>2</sup>.с. Затем резко уменьшается и 19 и 26 мая принимает значение 6,3 и 6,7 Бк/м<sup>2</sup>.с соответственно. В общем фоне уменьшения отмечаются некоторые увеличения содержания радона и это продолжается до середины августа 2024 года. Со второй половины августа до начало декабря изменение содержания радона в какой-то степени стабилизируется – оно варьирует в пределах 6,1-8,0 Бк/м<sup>2</sup>.с. С декабря наблюдаются небольшие вариации значений радона: 10 декабря он достиг значения 4.8 Бк/м<sup>2</sup>.с, а 16 декабря он поднялся до 9.0 Бк/м<sup>2</sup>.с. Этот процесс продлится до середины марта 2025 года. В период с 15 марта по 20 августа наблюдается увеличение значений радона. В этом диапазоне (сезонная вариация) как максимальное значение, так и амплитуда вариации радона значительно ниже, чем в предыдущие годы,



**Рисунок 1. Изменение содержания радона в почве а) и среднесуточные разностей б) в 2022-2025 годах**



**Рисунок 2. Изменение содержания радона по годам.**

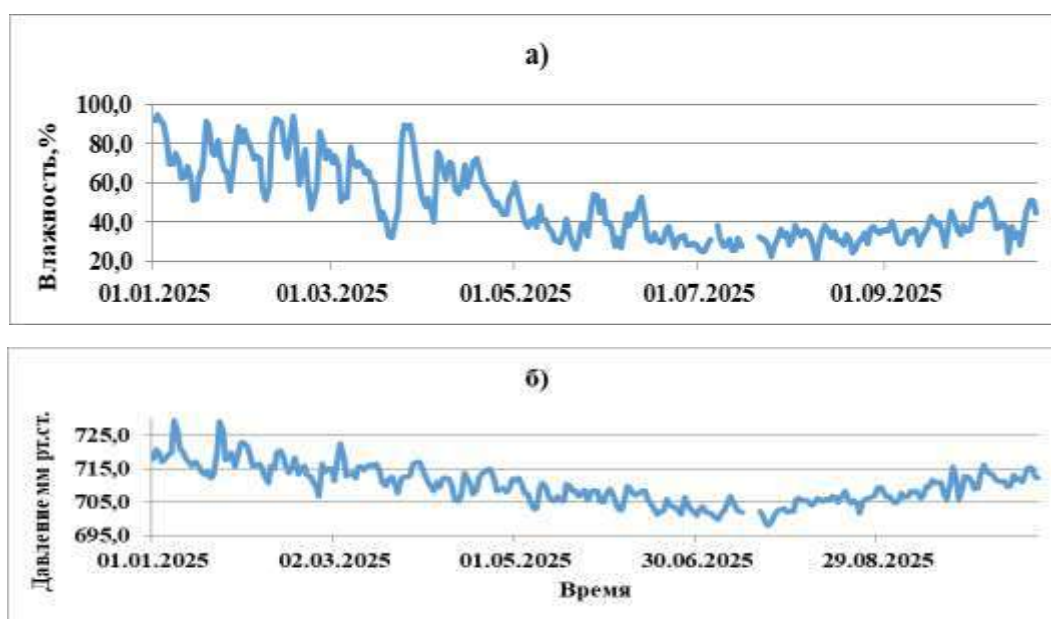
его максимальное значение равно 14,3 Бк/м<sup>2</sup>·с. Причиной этого, как мы отмечали в предыдущем разделе, может стать сухая погода в 2025 году. С 20 августа до конца периода наблюдений (15 октября) наблюдаются небольшие вариации содержания радона: 1 сентября его значение составляло 5,4 Бк/м<sup>2</sup>·с, а 24 сентября оно равно 8,2 Бк/м<sup>2</sup>·с. В октябре значения радона колеблются в пределах 5,8 - 7,9 Бк/м<sup>2</sup>·с (рис. 1а). На рис. 1б представлен график разностей среднесуточных значений радона. Из графика видно, что в какие дни каждого года, в котором проводились измерения, произошли резкие изменения в значениях радона. Например, снижение содержания радона отмечено в следующие дни 2022 года: 20 апреля на 5, 10 мая на 5.3, 22 мая на 5.2, 28 мая на 4.7 Бк/м<sup>2</sup>·ч. Отмечены рост

значений: 29 апреля на 4,7, 9 мая на 4,3, 15 мая на 5,1, 20 мая на 4,6 Бк/м<sup>2</sup>.ч. Изменения разностей в оставшиеся дни незначительны. В 2023 году 12 марта он снизился на 3,1 Бк/м<sup>2</sup>.с, 15 апреля - на 5,6 Бк/м<sup>2</sup>.с, 17 мая - на 5,3 Бк/м<sup>2</sup>.с, Рост значений разностей наблюдались: 14 апреля - на 4,3 Бк/м<sup>2</sup>.с, 10 мая - на 3,4 Бк/м<sup>2</sup>.с, 18 мая - на 2,6 Бк/м<sup>2</sup>.с. Приведённые значения ниже, чем в предыдущем году. 28 мая 2024 года понизилось на 3,04, 10 мая на 3,9, 18 мая на 5,2, 24 мая на 4,5, 26 мая на 3,8, 6 июня на 3,6 Бк/м<sup>2</sup>.с и увеличилось 8 мая на 5,1, 5 июня на 3,7 Бк/м<sup>2</sup>.с. 2025 года показатель снизился 25 марта до 2,6 Бк/м<sup>2</sup>.с, 19 апреля – до 2,8 Бк/м<sup>2</sup>.с, 23 июля – до 3,1 Бк/м<sup>2</sup>.с. Затем 20 апреля он увеличился до 2,6 Бк/м<sup>2</sup>.с, а 28 апреля – до 3,1 Бк/м<sup>2</sup>.с. Очевидно, что среди годов наблюдения данные за 2025 год выделяются более низкими значениями.

Из вышеизложенного следует, что в период с 2022 по 2025 год резких изменений в значениях радона не зафиксировано, наблюдались лишь его сезонные колебания (рис. 1а).

### **Обсуждение некоторые результаты наблюдения влажности воздуха и атмосферного давления**

Влажность воздуха с января до начала мая колеблется в большом диапазоне. Осадки в январе-мае, хотя и незначительные, приводят к повышению влажности до 95%. Высокие средние значения влажности составляют - в январе 74,3%, в феврале 73,4% и в марте 61,6%. Из графика можно наблюдать резкие изменения влажности в период с середины до конца марта.



**Рисунок 3. Изменение влажности воздуха (а) и атмосферного давления (б) в обсерватории Янгибазар в 2025 году**

Атмосферное давление, как и влажность, меняется в течение года. В январе-марте давление снижается с 718,9 до 714 мм рт.ст. В этом диапазоне максимальные значения давления наблюдаются 8 января (729.4) и 23 января (729.1).

Таким образом, в течение года выявлены только сезонные вариации влажности воздуха и атмосферного давления. С повышением температуры понижаются значения и давления и влажности воздуха.

**Выводы.** В изменениях содержания радона в почве в течение последних лет зафиксированы только его сезонные вариации. Аномальные вариации, связанные с изменениями в земной коре не были зафиксированы. Радон является одним из наиболее перспективных индикаторов предстоящих землетрясений и его использование требует комплексного подхода и учета множества факторов. Вариации влажности воздуха и атмосферного давления имеют также сезонный характер.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

[1] А.Ю. Токарева, Г.С. Алимова, И.А. Уткина Плотность потока радона в поверхностном слое почв Ярковского, Вагайского, Тобольского районов

Тюменской области // успехи современного естествознания. 2018. № 11-2. с. 400-406;

[2] А.Р. Алиева Влияние свойств грунтов на уровень объемной активности почвенного радона (на примере г. Баку) // Молодой ученый. 2021. №37. С.31-35. <https://moluch.ru/archive/379/84016>

[3] М. И. Матвеев, С. А. Автушко, Исаченко О влиянии атмосферных осадков и лунно-солнечного гравитационного воздействия на концентрацию радона в поровом воздухе дисперсных грунтов // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2022. – Т. 66, No 2. – С. 223–228. <https://doi.org/10.29235/1561-8323-2022-66-2-223-228>

[4] М.Ю.Маркин Оценка объемной активности радона тектонических разломов в границах городской агломерации Усть-Каменогорск (Республика Казахстан)// Геология и геофизика Юга России. 13 (2) 2023. С.29-39. DOI: 10.46698/VNC.2023.93.88.003.

[5] А. К. Юрков, И. А. Козлова, С. В. Бирюлин, Б. Д. Хацкевич Изменения геодинамической обстановки, проявившиеся в вариациях почвенного радона, температуры и аномальных природных явлениях в зоне Катав-Ивановского землетрясения 05.09.2018 года на Южном Урале // Геоэкология. инженерная геология. гидрогеология. геокриология, 2023, № 3, с. 47–55.

[6] В.В. Змановский Исследование радона в почвенных грунтах г. Тюмени // Международный научный журнал «Вестник науки» № 12 (81) Том 4. Декабрь 2024 г. С.2146-2150.