

**Система мониторинга некоторых геофизических полей и анализ их вариаций во временной окрестности коровых землетрясений на Сахалине**

*Стовбун Н.С.<sup>1,2</sup>, Костылев Д.В.<sup>1,2</sup>, Гуляков С.А.<sup>1,2</sup>, Костылева Н.В.<sup>1,2</sup>, Макаров Е.О.<sup>3</sup>, Богомолов Л.М.<sup>2</sup>, Дудченко И.П.<sup>2</sup>*

**Monitoring system of some geophysical fields and analysis of their variations in the temporal vicinity of crustal earthquakes on Sakhalin**

*Stovbun N.S., Kostylev D.V., Gulyakov S.A., Kostyleva N.V., Makarov E.O., Bogomolov L.M., Dudchenko I.P.*

<sup>1</sup> Сахалинский филиал ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», г. Южно-Сахалинск; e-mail: n1kolay19971997@yandex.ru

<sup>2</sup> Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск

<sup>3</sup> Камчатский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН», г. Петропавловск-Камчатский

Приведено описание расположения и аппаратурного оснащения сети станций мониторинга объемной активности подпочвенного радона и электротеллурического поля на Сахалине. Показаны изменения регистрируемых сетью станций параметров до и во время близких землетрясений в январе 2025.

### **Введение**

С 2018 г. на территории Южного Сахалина действует сеть пунктов радонового мониторинга, которая была организована при поддержке Камчатского филиала Геофизической службы РАН (КФ ФИЦ ЕГС РАН) совместно с Сахалинским филиалом Геофизической службы РАН (СФ ФИЦ ЕГС РАН) и Институтом морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН [2]. Кроме этого, в июне 2023 г. ИМГиГ ДВО РАН был начат мониторинг горизонтальных компонент электротеллурических полей (ЭТП) [4]. Целью проводимых работ является изучение изменений геофизических параметров до и во время землетрясений.

В январе 2025 г. в южной части о. Сахалин произошли землетрясения, особенностью которых являлось близкое расположение эпицентров к измерительным пунктам. Такие случаи не являются частыми для юга Сахалина. Анализ данных мониторинга объемной активности радона (ОАР) и ЭТП во временной окрестности близких землетрясений представляет большой интерес и является актуальным для развития методов выделения особенностей вариаций геофизических полей.

### **Методика**

На данный момент сеть радонового мониторинга состоит из 4 станций, которые расположены в населенных пунктах: г. Южно-Сахалинск (YSSR), с. Ожидаево (OJDR), с. Фирсово (FRSV), с. Колхозное (KKHR) (рис. 1). В качестве регистрирующей ОАР аппаратуры выступают радиометры RADEX MR107+ (производство ООО «КВАРТА-РАД»), которые предназначены для оценки эквивалентной равновесной объемной активности радона [3]. На станциях YSSR и OJDR данные, накопленные радиометрами, извлекаются оператором с помощью персонального компьютера. Эти станции действуют с 2018 г., в то время как FRSV и KKHR были установлены в ноябре 2024 г. и феврале 2025 г., соответственно. Пункт KKHR так же дополнительно оснащен регистратором метеорологических параметров (температура и давление) собственной разработки [1]. Особенностью станций FRSV и KKHR является возможность получения данных по сети Internet. Для этого регистратор был подключен к одноплатному компьютеру с операционной системой FreeBSD и FTP сервером. Для извлечения данных компьютером с радиометра RADEX MR107+ используется ПО собственной разработки (Python).

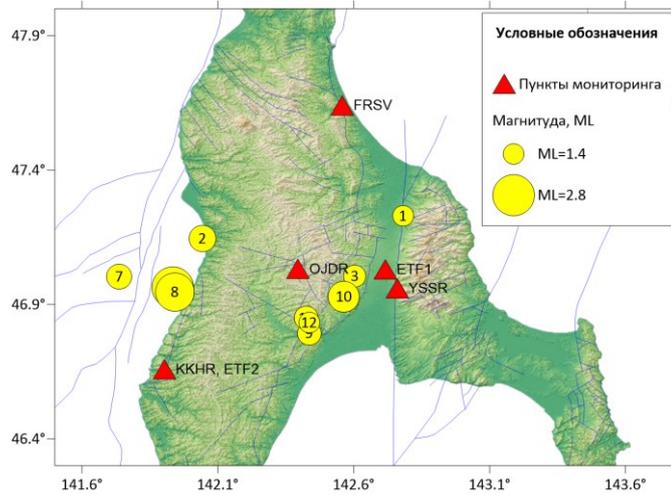


Рис. 1. Карта расположения станций мониторинга ОАР и ЭТП, а также эпицентров землетрясений. Синими линиями показаны разломные структуры.

Сеть ЭТП состоит из двух измерительных пунктов – первый был установлен в июле 2023 г. на территории ИМГиГ ДВО РАН (Далее ETF1), а второй – в с. Колхозное (ETF2) в конце 2024 г. Одна станция представляет собой три диполя, ориентированных по сторонам света: Север-Юг, Запад-Восток и промежуточный Север-Юг-Запад-Восток. Каждый диполь представляет собой металлический электрод, погруженный в грунт и подключенный к измерительному блоку. Данные со станций ЭТП передаются по сети Internet.

### Результаты

На рис. 1 представлена карта расположения измерительных станций ЭТП, ОАР и эпицентров землетрясений, перечисленных в таблице. Все события являются коровыми. Их можно разделить на две группы: вдоль центрального-сахалинского разлома (№ 3, 9, 10, 11, 12) и западно-сахалинского разлома (№ 2, 4, 5, 6, 7, 8).

Таблица. Землетрясения, произошедшие в январе 2025 г.

№	Дата	Время (UTC)	Координаты		Глубина, км	Магнитуда, ML
			с.ш.	в.д.		
1	01.01.2025	16:37:20	47.229	142.781	8.7	1.4
2	12.01.2025	04:10:12	47.145	142.043	12.0	1.8
3	12.01.2025	04:11:07	47.005	142.604	13.3	1.5
4	12.01.2025	11:49:16	46.962	141.935	18.3	2.8
5	12.01.2025	11:54:17	46.951	141.936	16.3	1.4
6	12.01.2025	11:58:33	46.962	141.932	16.5	1.5
7	13.01.2025	14:53:03	47.033	141.737	7.1	1.7
8	19.01.2025	04:53:46	46.946	141.942	18.3	2.6
9	22.01.2025	15:14:46	46.793	142.436	7.0	1.6
10	23.01.2025	04:57:11	46.929	142.564	11.3	2.1
11	23.01.2025	15:02:29	46.849	142.426	12.6	1.6
12	26.01.2025	05:43:03	46.832	142.436	8.4	1.4

Рассмотрим вариации горизонтальной составляющей ЭТП на станциях ETF1 и ETF2 с 1 по 31 января 2025 г. (рис. 2). Для графика ETF2 представлены исходные данные без фильтрации, в то время как для станции ETF1 данные предварительно были отфильтрованы скользящим средним с двухчасовым окном, так как они более зашумлены. На станции ETF1 8 января наблюдается резкое изменение потенциала на каналах *N*, *W* с амплитудой 5 мВ. Через 4 дня после изменения на каналах вблизи станции ETF1 происходят землетрясения № 3, 9, 10, 11, 12 (таблица). На станции ETF2

на канале *N* 11 января наблюдается резкое возрастание потенциала на 57 мВ. На канале *W* этой же станции, начиная с 11 января, наблюдается плавное падение потенциала в отрицательную область. Через сутки начинается серия землетрясений № 2, 4, 5, 6 (таблица). Примечательно, что резкое изменение потенциала станции ETF2 наблюдается именно на линии *N*, которая направлена к эпицентрам землетрясений.

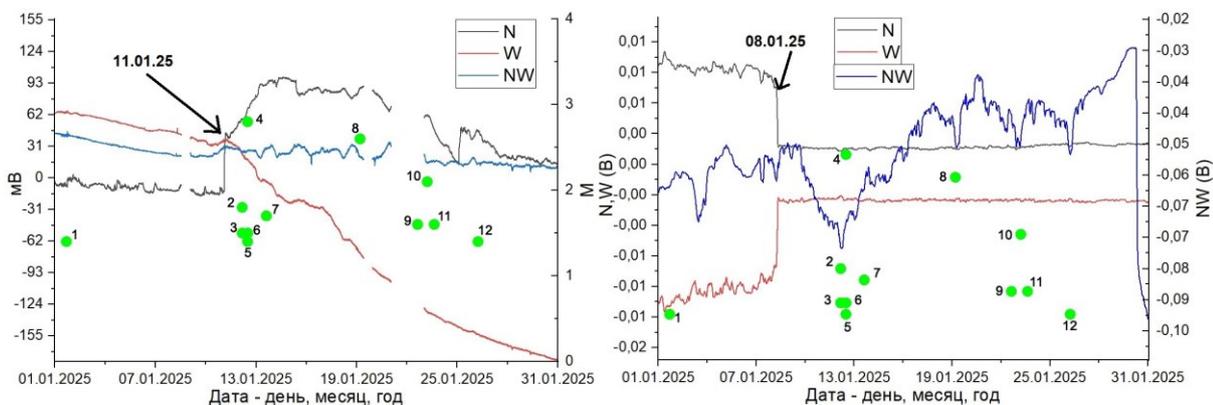


Рис. 2. Изменение потенциалов горизонтальной составляющей ЭТП станций ETF1 (справа) и ETF2 (слева) с 01.01.2025 г. по 31.01.2025 г. Точки – землетрясения с номерами из таблицы.

На рис. 3 представлена динамика ОАР станции OJDR. На фоне суточных и недельных вариаций (которые, в основном, зависят от метеорологических параметров), можно наблюдать визуально выделяющееся падение ОАР с 7 по 11 января.

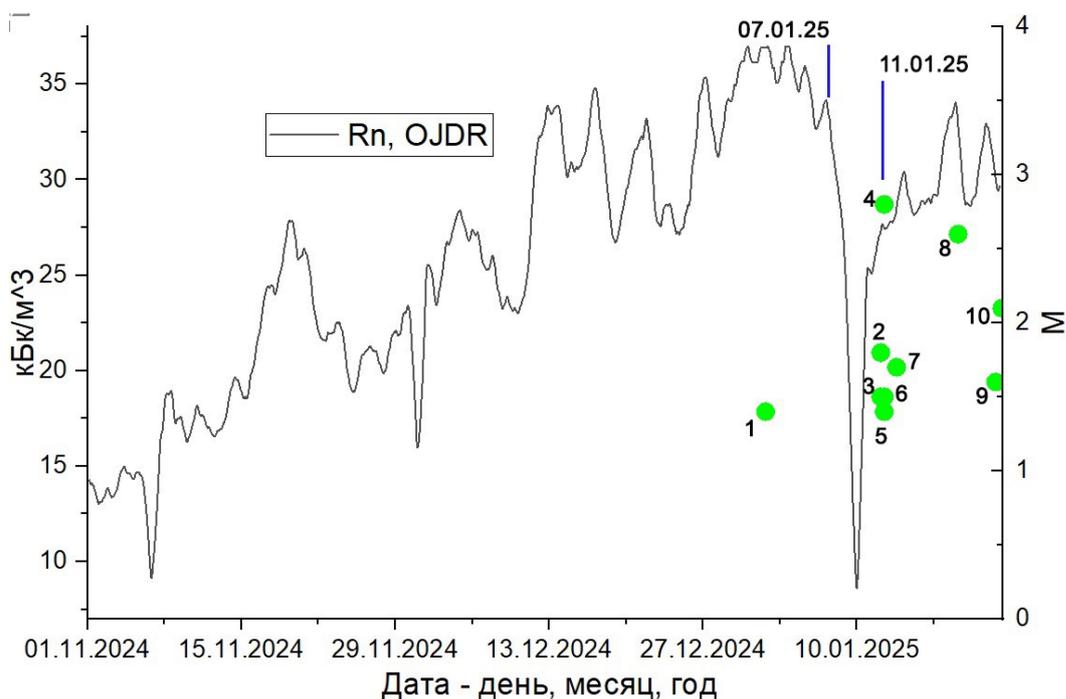


Рис. 3. Изменение ОАР на станции OJDR с 01.11.2024 г. по 22.01.2025 г. Данные отфильтрованы скользящим средним с окном в 20 часов. Точки – землетрясения с номерами из таблицы.

На рис. 4 представлены данные изменения ОАР на станциях YSSR и FRSV. К сожалению, график станции FRSV имеет много пропусков и сильно зашумлен, что, вероятно, связано с изменениями метеопараметров. Вариации, которые можно связать с землетрясениями января 2025 г., не выделяются.

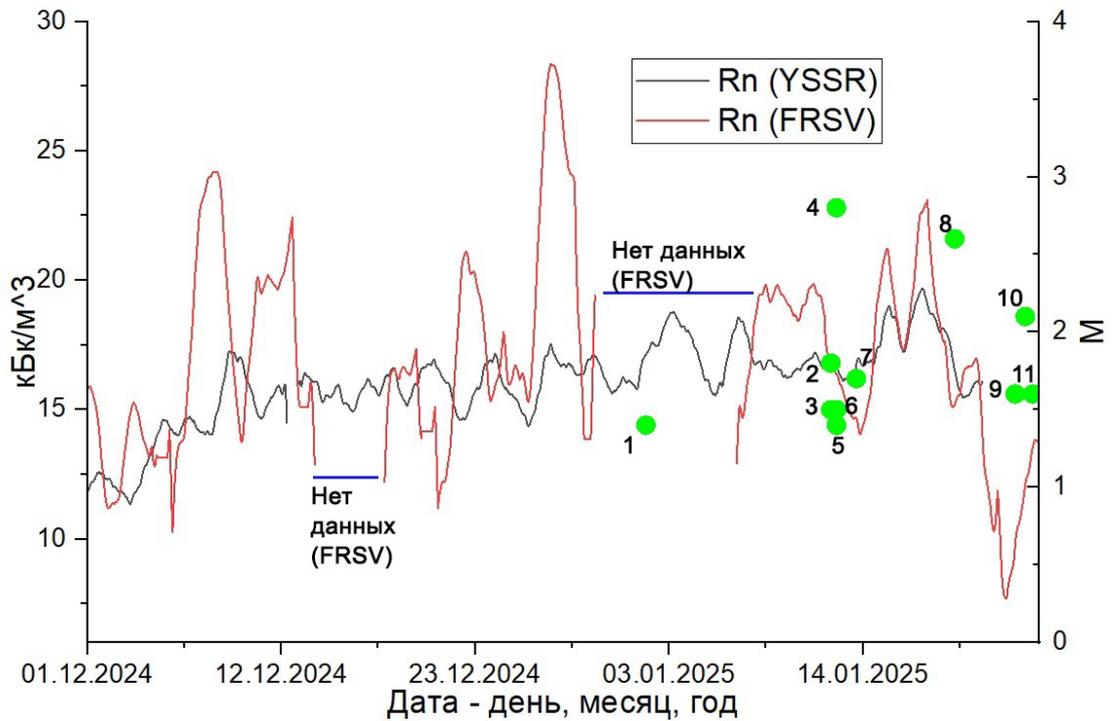


Рис. 4. Изменение ОАР на станциях FRSV и YSSR 01.12.2024 г. по 24.01.2025 г. Данные отфильтрованы скользящим средним с окном в 20 часов. Точки – землетрясения с номерами из таблицы.

### Заключение

В ходе анализа данных геофизических полей во временной окрестности землетрясений юга о. Сахалин, произошедших в январе 2025 г., обнаружены аномальные вариации ОАР на станции OJDR и изменения ЭТП на ETF1, ETF2. Можно предположить, что данные аномалии связаны с геодинамическими процессами, сопровождающими землетрясения января 2025 г. в южной части о. Сахалин.

### Список литературы

1. Дудченко И.П., Гуляков С.А., Стовбун Н.С. и др. Автономный регистратор гидростатического давления. Патент на полезную модель № 214461 U1. 28.10.2022 г.
2. Макаров Е.О., Фирстов П.П., Костылев Д.В. и др. Первые результаты мониторинга подпочвенного радона сетью пунктов, работающей в тестовом режиме, на юге острова Сахалин // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2018. № 5(25). С. 99-114. <https://doi.org/10.18454/2079-6641-2018-25-5-99-114>
3. Радиометр RADEX MR107+ (ООО «КВАРТА-РАД»). [Электронный ресурс] URL: <https://www.quarta-rad.ru/catalog/arxiv-modeley/datchik-radona-RADEX-MR107/> (дата обращения: 06.02.2025).
4. Zakupin A.S., Dudchenko I.P., Bogomolov L.M. et al. Short temporal variations of electrotelluric field in the vicinity of the earthquake source-site in the Sakhalin island // Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki. 2024. V. 46. № 1. P. 134-164. <https://doi.org/10.26117/2079-6641-2024-46-1-134-164>