

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДИКИ ДИСКРИМИНАНТНЫХ ФУНКЦИОНАЛОВ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ РЕПЕРНЫХ ТОЧЕК ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОЧВЕННОГО РАДОНА НА СЕТИ ПУНКТОВ ПЕТРОПАВЛОВСК- КАМЧАТСКОГО ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА

*В.В. Исакевич^{1,2}, П.П. Фирстов³ Д.В. Исакевич²,
Л.В. Грунская¹, Е.О. Макаров³*

¹ Владимирский государственный университет, г. Владимир

²ООО «БизнесСофтСервис», г. Владимир

*³Камчатский филиал Геофизической службы РАН, г. Петропавловск-
Камчатский, 683023*

Рис. 1. Схема размещения пунктов регистрации концентрации подпочвенных газов на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне.

Пункты, оснащенные:

1 – регистрирующими устройствами АЛМЕМО;
2 – радиометрами РЕВАР.

НЛЧ – застава Налычево;

ИНС – пункт на базе скважины ИНС-1 вблизи здания ИВиС;

ПРТ2 – геотермальный стационар ИВиС в пос. Паратунка;

ПРТ – долина ручья Коркина, пос. Паратунка;

КРМ – Карымшинский стационар ИВиС.



Фирстов П.П., Рудаков В.П. Результаты регистрации подпочвенного радона в 1997-2000 гг. на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне // Вулканология и сейсмология. 2003. №1. С. 26-41.

Фирстов П.П., Широков В.А., Руленко О.П. и др. О связи динамики подпочвенного радона (^{222}Rn) и водорода с сейсмической активностью Камчатки в июле - августе 2004 г. // Вулканология и сейсмология. 2006. № 5. С. 49-59.

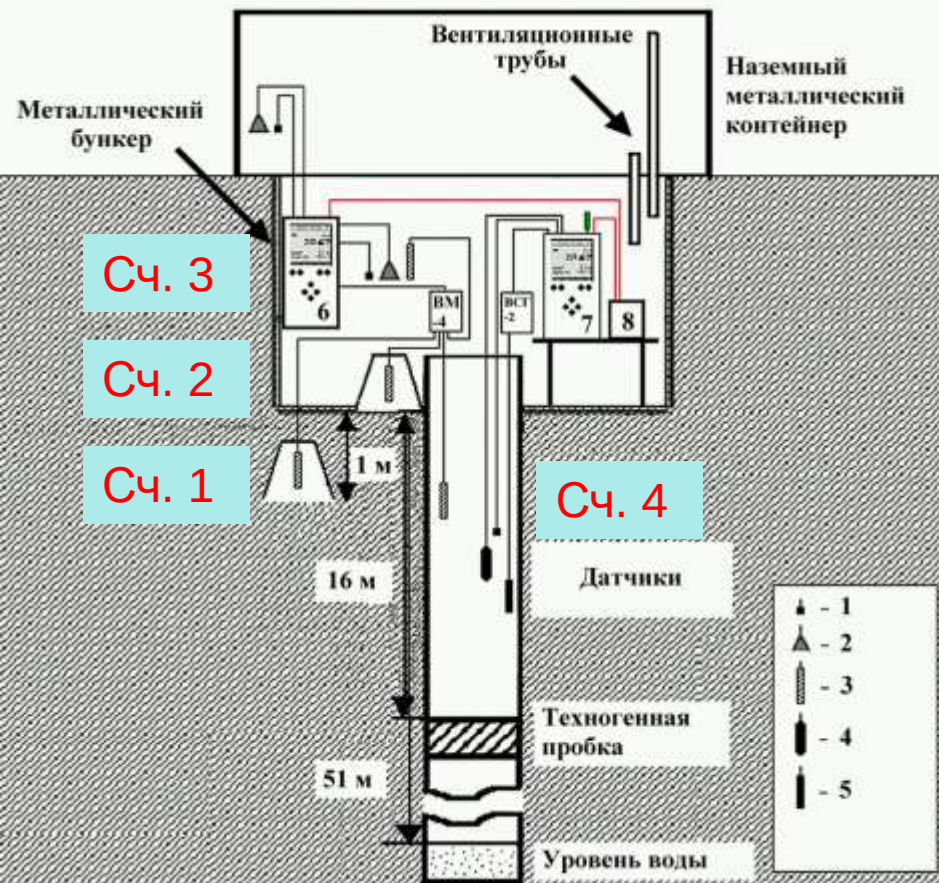


Рис. 2. Общая схема устройства и расположение датчиков в пункте ИНС

- 1 – датчик температуры;
- 2 – датчик давления;
- 3 – газоразрядный счетчик СБМ-19
- 4 – датчик CO_2 ;
- 5 – датчик H_2 ;
- 6 – 8-канальный регистратор ALMEMO-2590-9;
- 7 – 4-канальный регистратор ALMEMO-2390-8;

Макаров Е.О., Фирстов П.П., Волошин В.Н.
 Аппаратурный комплекс для регистрации концентрации подпочвенных газов с целью поиска предвестниковых аномалий сильных землетрясений Южной Камчатки.
 Сейсмические приборы, 2012. Том 48, № 1.

Рис. 3. Общий вид (б) аппаратного комплекса для регистрации концентрации почвенных газов.

Измерительные приборы:

- 1 – датчик CO_2 ,
- 2 – датчик температуры,
- 3 – самописец ALMEMO 2690-8,
- 4 – радиометр ВМ-2,
- 5 – водородный геофизический сигнализатор ВСГ-02,
- 6 – аккумулятор



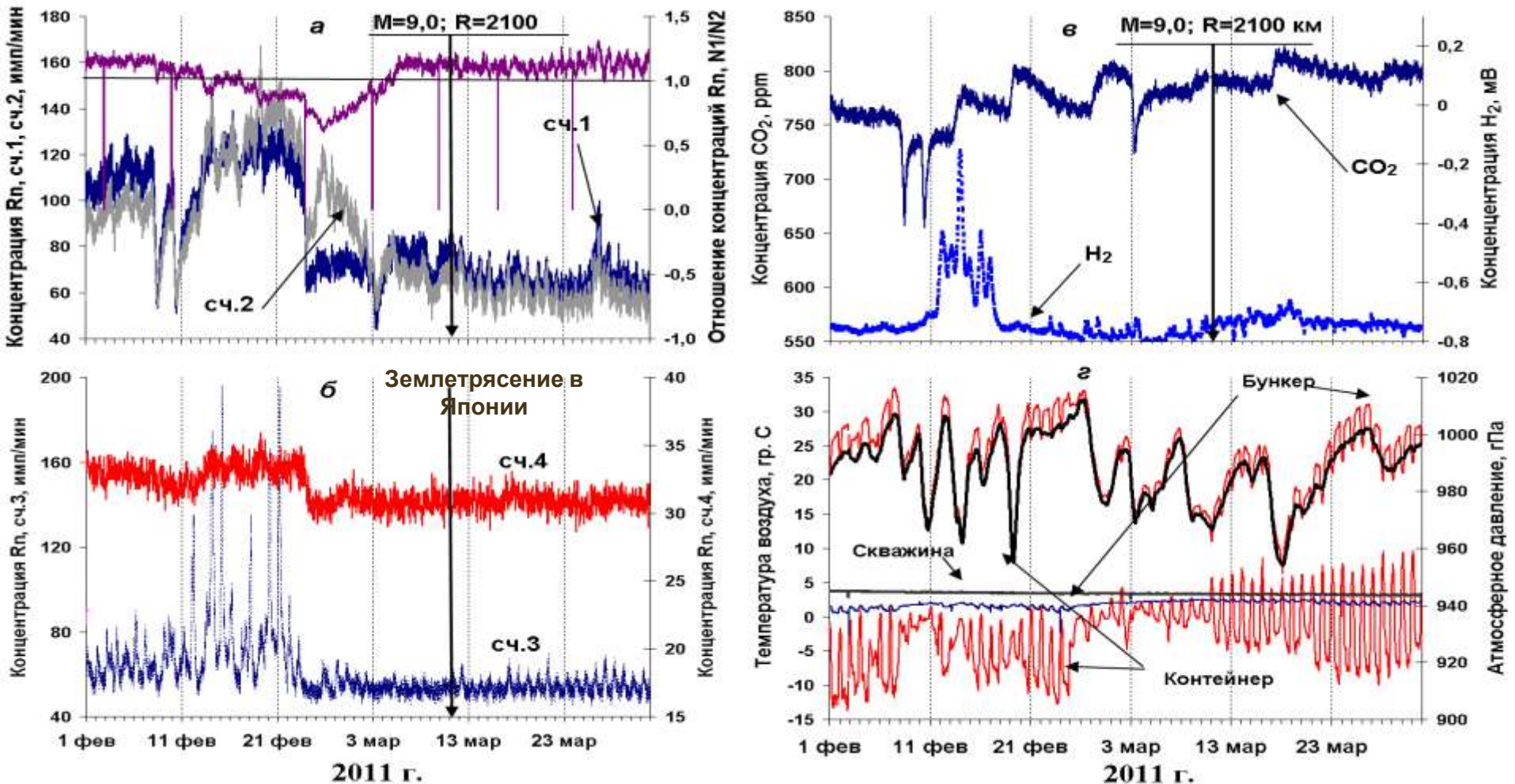


Рис. 4. Динамика концентрации подпочвенных газов и метеорологических величин в пункте ИНС за период 01.02.–30.03.2011 г.

а – концентрация Rn в зоне аэрации (сч. 1) и с поверхности пола бункера (сч. 2), отношение N_1/N_2 ; *б* – концентрация Rn в бункере (сч. 3) и в стволе скважины (сч. 4); *в* – концентрация H_2 и CO_2 в стволе скважины; *г* – температура воздуха и атмосферное давление в контейнере и бункере, температура воздуха в скважине

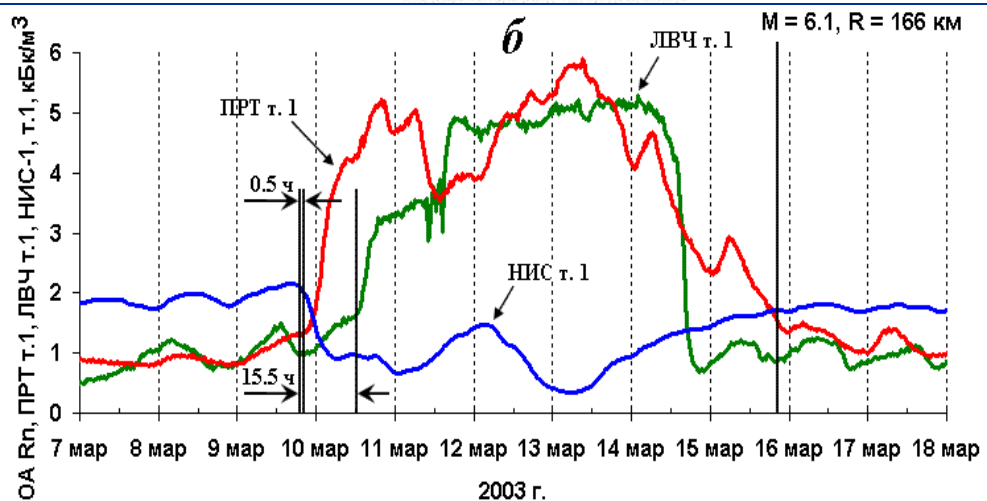
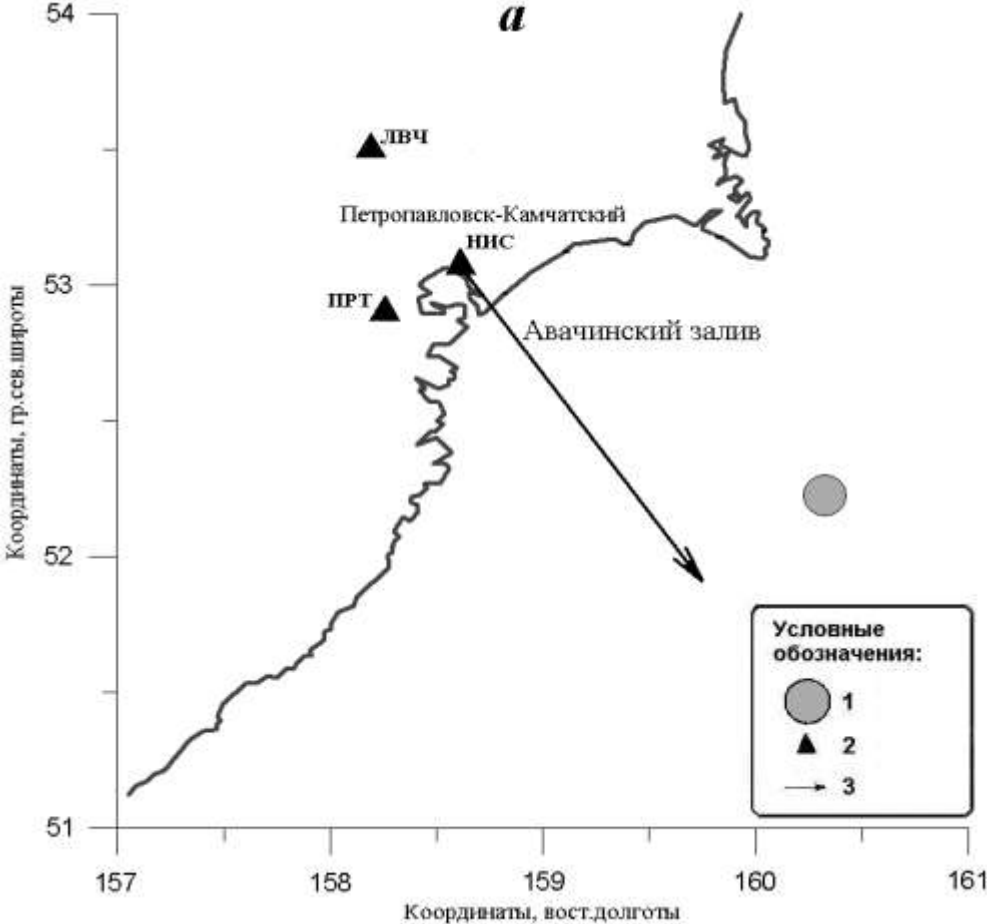


Рис. 5. Схема расположения сети пунктов радонового мониторинга в 2003 г. и положение основного толчка афтершоковой последовательности 15-19 марта (а), динамика объемной активности радона в пунктах НИС т.1, ПРТ т. 1, ЛВЧ т. 1, за период 7-18 марта (б).

Начала аномалий отмечены вертикальными линиями, возле которых указаны времена запаздывания вступлений аномалий относительно пункта НИС. 1- эпицентр основного толчка; 2- пункты наблюдения; 3- азимут на источник «геодеформационной волны».

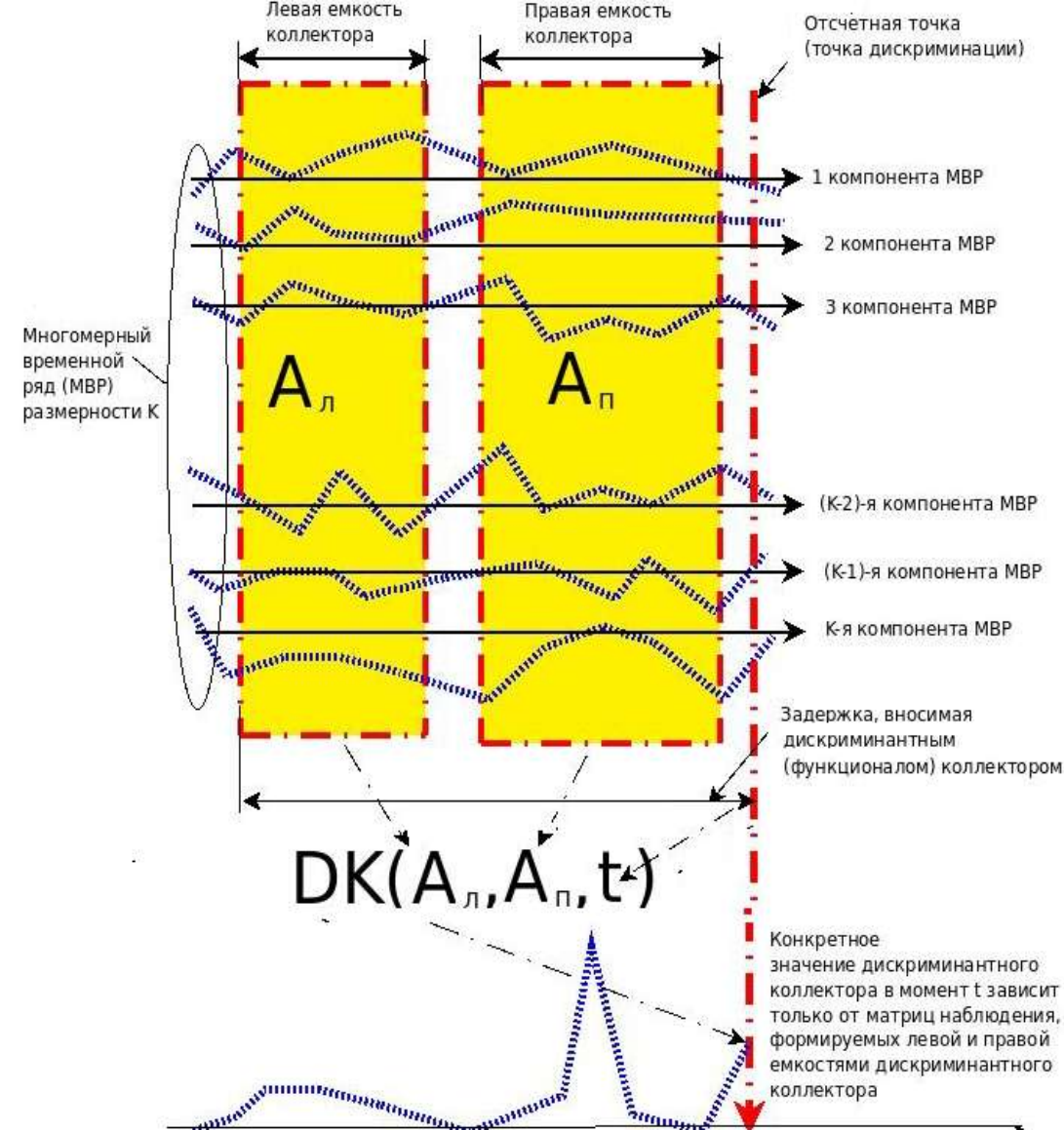
Фирстов П.П., Макаров О.Е., Малышева О.П.
 Отражение в динамике почвенного радона на Петропавловск-Камчатском геодинамическом полигоне последней стадии подготовки землетрясений с магнитудой больше 5.5 района Авачинского залива. Проблемы комплексного геофизического мониторинга Дальнего Востока России. Труды Третьей научно-технической конференции. Петропавловск-Камчатский. 9-15 октября 2011 г. / Отв. ред. В.Н. Чебров. - Обнинск: ГС РАН, 2011. С. 154-158.

С целью формализации и автоматизации выделения реперных точек, сигнализирующих об изменениях условий стока радона в атмосферу, был опробован метод дискриминантных коллекторов (ДК), который используют при своей работе скользящие по осям времен многомерного временного ряда два кадра жестко связанных друг с другом. Для каждого временного положения кадров формируются матрицы наблюдений (для каждого кадра — своя матрица) и строится дискриминантная функция, позволяющая наилучшим образом отличать друг от друга временные сечения многомерного временного ряда, записанные в матрицы. Качество их различения характеризуется некоторым критерием, величина которого тем больше, чем лучше происходит различение матриц. Значение ДК для каждого момента времени есть значение критерия дискриминации соответствующих данному моменту времени матриц левого и правого кадра дискриминатора, которое относится к точке отсчета (точке дискриминации).

Грунская Л.В., Исакевич Д.В., Исакевич В.В. и др. Каскады дискриминантных функционалов в задачах анализа временных рядов в базисах собственных векторов ковариационных матриц // Нелинейный мир. 2012. № 4. С. 215-222.



Рис. 8. Временные соотношения при анализе многомерных временных рядов при использовании простейших ДК.



У дискриминантного коллектора различают:

1. Тип – определяется критерием, который используется при построении дискриминантной функции, и видом так называемых дополнительных координат (искусственно вводимых временных рядов, которые функционально определяются по исходным временным рядам).
2. Структуру – характеризуется взаимным расположением левого и правого кадров, а также положением по отношению к кадрам отсчетной точки (точки дискриминации) - точки, к которой относится значение ДК.
3. Емкость – определяется количеством отсчетов в кадрах.

Рис. 8. Схема работы ДК. Штрих пунктирной линией показаны жестко связанные элементы ДК, образующие его структуру и перемещающиеся вдоль числовой оси не изменяя взаимного положения элементов структуры.

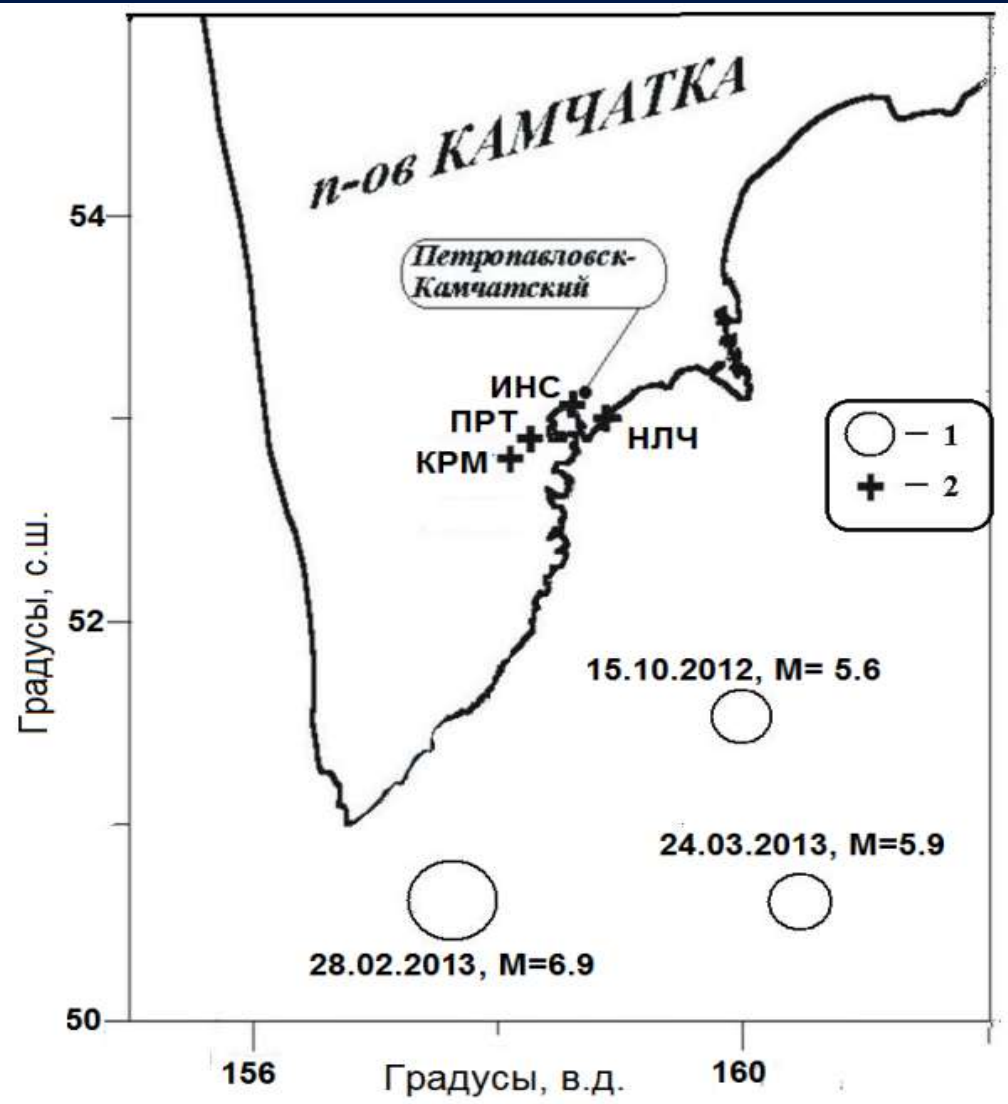


Рис. 9. Схема расположения пунктов регистрации почвенного радона в 2012-2013 гг. на Камчатке и карта эпицентров наиболее сильных землетрясений за период 1 августа 2012 г. – 31 марта 2013г.

1- эпицентры землетрясений с $M > 5.5$;

2 - пункты наблюдений.

Пункты: ИНС- Институт ВиС, ПРТ –пункт Паратунка, КРМ – Карымшина, НЛЧ – Налычево.

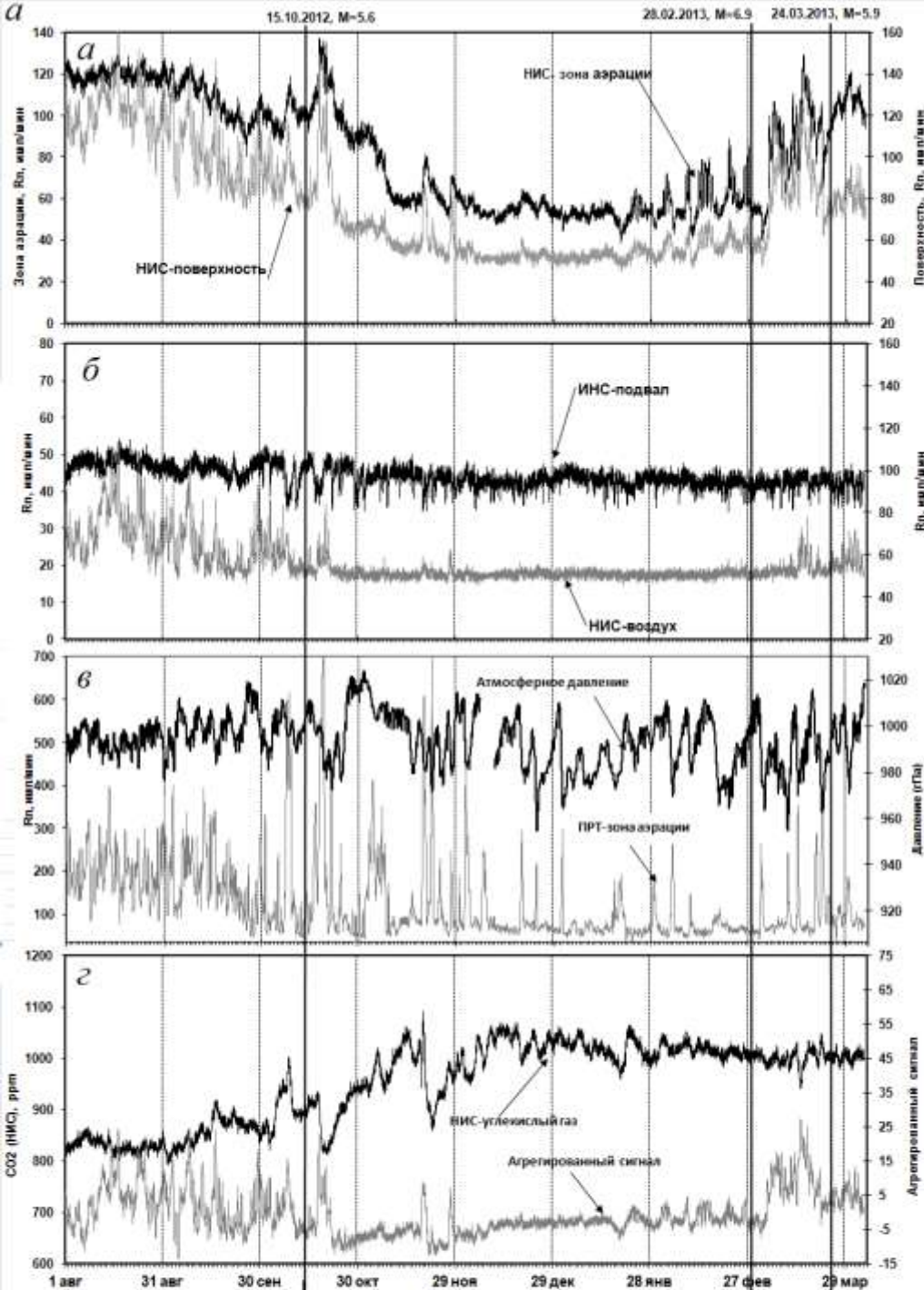


Рис. 10. Динамика концентрации почвенного радона в пунктах Петропавловск-Камчатского полигона за период 1 августа 2012 г. – 31 марта 2013 г. и кривые обработки многомерного ряда.

а – концентрация R_n в зоне аэрации (глубина один метр) и на поверхности пола в бункере НИС;
б – концентрация R_n в воздухе бункера НИС и в зоне аэрации подвала Института;
в – атмосферное давление и концентрация радона в зоне аэрации пункта ПРТ;
г – концентрация CO_2 в стволе скважины НИС и агрегированный сигнал, построенный по методике А.А. Любушина

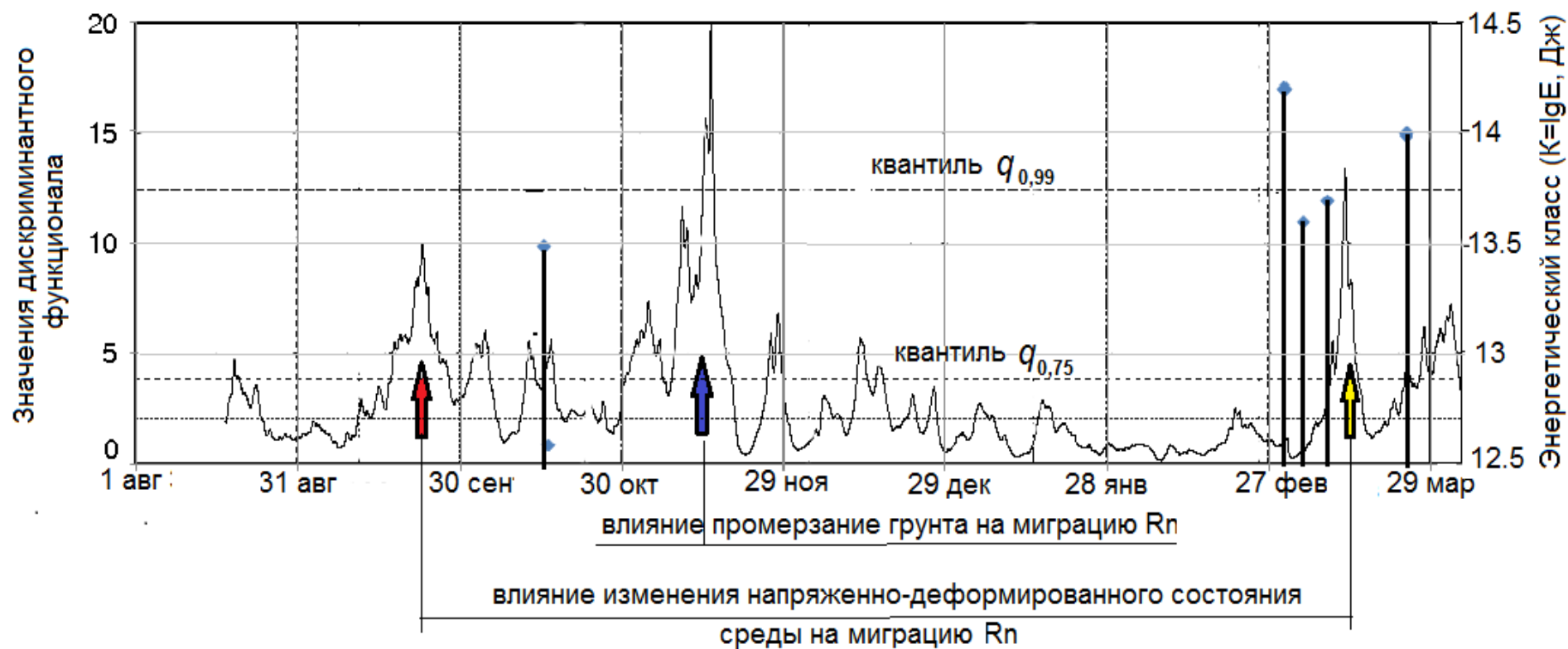


Рис. 11. Кривая значений дискриминантного функционала с кадром 200 часов (400 отсчетов).

Значение ДК превышает квантиль $q_{0.99} = 12$ - 17.11.2012 г. и 11.03.2013 г., а 21.09.2012 значение $q = 10$. Эти пиковые значения ДК следует рассматривать как реперные точки, свидетельствующие о нарушении стационарности многомерного временного ряда. Значение дискриминантного функционала, превышающее квантиль $q_{0.99}$ в середине ноября, связано с сезонным ходом, когда среднесуточные температуры становятся ниже нуля и резко уменьшается конвекционная составляющая миграции почвенных газов, что находит яркое выражение в методе ДК.

Заключение

В целом метод ДК достаточно уверенно выделил в многомерном временном ряду за период 1 августа 2012 г. – 31 марта 2013 г реперные точки в изменении коллективного поведения динамики почвенного радона на Петропавловск-Камчатском геодинимическом полигоне. Данный пример показывает, что метод ДК может применяться для анализа мониторинга концентрации почвенных газов временных рядов в автоматизированном режиме с целью выделения предвестников сильных землетрясений южной Камчатки в поле почвенного радона.



**Да хранит Бог г. Петропавловск-Камчатский от
катастрофических землетрясений !!!**