

Качество оценок интенсивности конвекции в зависимости от количества данных измерений на основе массивов с ассимиляцией спутниковой информации ARMOR

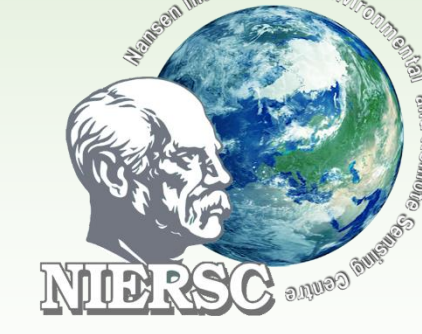
3D и SODA

Федоров А.М.^{1,2*}, Башмачников И.Л.^{1,2}

¹Санкт-Петербургский государственный университет,

²Научный фонд «Международный центр по окружающей среде и дистанционному зондированию имени Нансена»

*aandofficially@gmail.com



Основные выводы работы

- Выявлена логарифмическая зависимость между площадью области, в которой происходит глубокая конвекция, и максимальной глубиной верхнего квазиоднородного слоя (ВКС)
- Выделены три основных типа распределения глубин в бассейне при глубокой конвекции (по результатам кластерного анализа)
- Определено количество станций необходимое для оценки интенсивности конвекции (глубины ВКС) с соответствующей степенью достоверности (90 ст. при ошибке максимальной глубины ВКС не более 15%)
- Предложен индекс, который позволяет воспроизводить интенсивность конвекции с той же точностью, но требующий меньшего количества контактных наблюдений.
- Определено количество лет с 1975 по 2017 с достаточным количеством данных для определения интенсивности конвекции с ошибкой не более 15% по индексу конвекции и максимальной глубине ВКС

Данные и методы

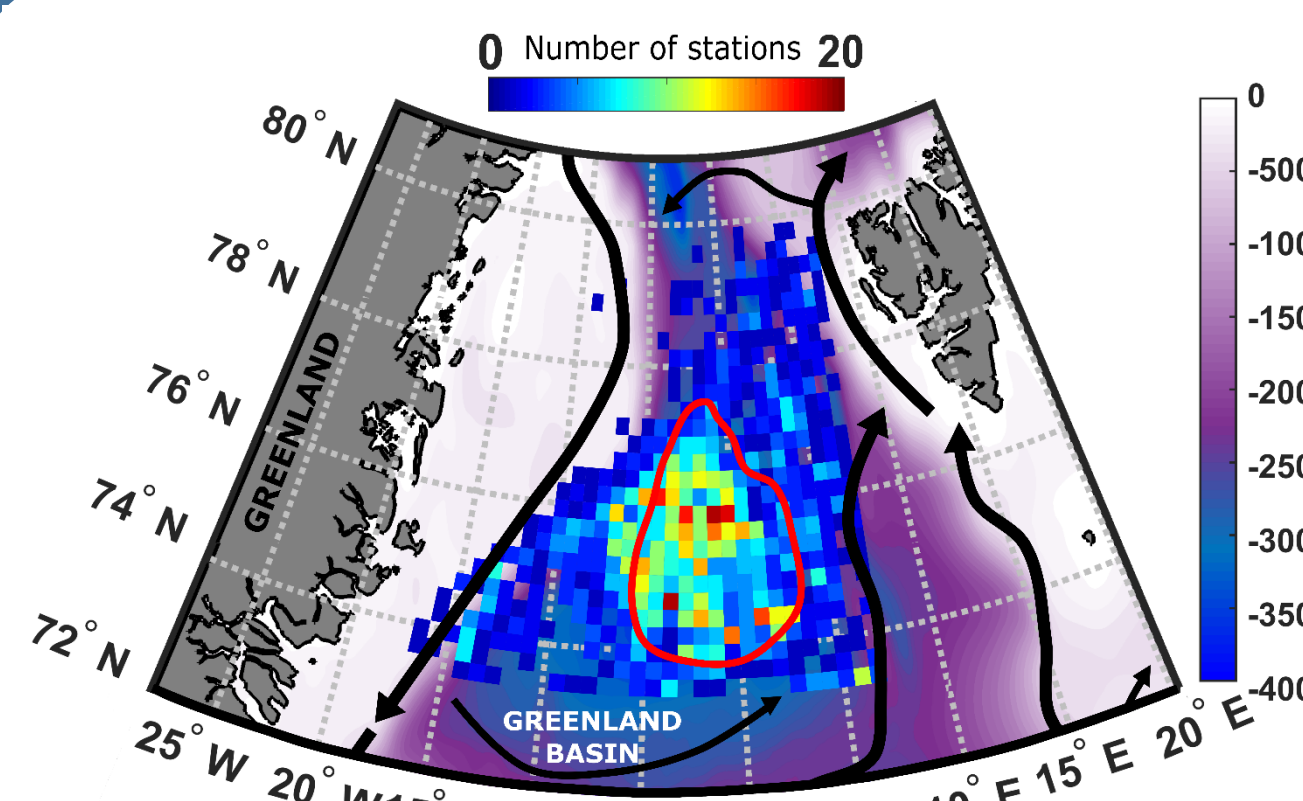


Рисунок 1. Схема течений и батиметрия. Пиксельная область в районе исследования показывает совокупное количество профилей буев АРГО. Красным ограничена область, в которой чаще всего наблюдается глубокая конвекция (74-77° с.ш., 4° з.д. - 4° в.д.)

Используются данные температуры и солёности океанических реанализов: SODA 3.4.2 (среднемесячные данные за 1993-2015 гг., 0.5°x0.5°) и ARMOR3D (среднемесячные данные за 1993-2016 гг., 0.25°x0.25°). Плотность контактных измерений по данным дрейфующих буев АРГО за период 2005-2017 (Рис. 1), в целом, отражает плотность общего количества контактных наблюдений в Гренландском море по данным массива EN4 – Hadley center.

Глубиной ВКС считалась глубина, на которой локальный градиент потенциальной плотности превышает 2 СКО (метод Духовского)

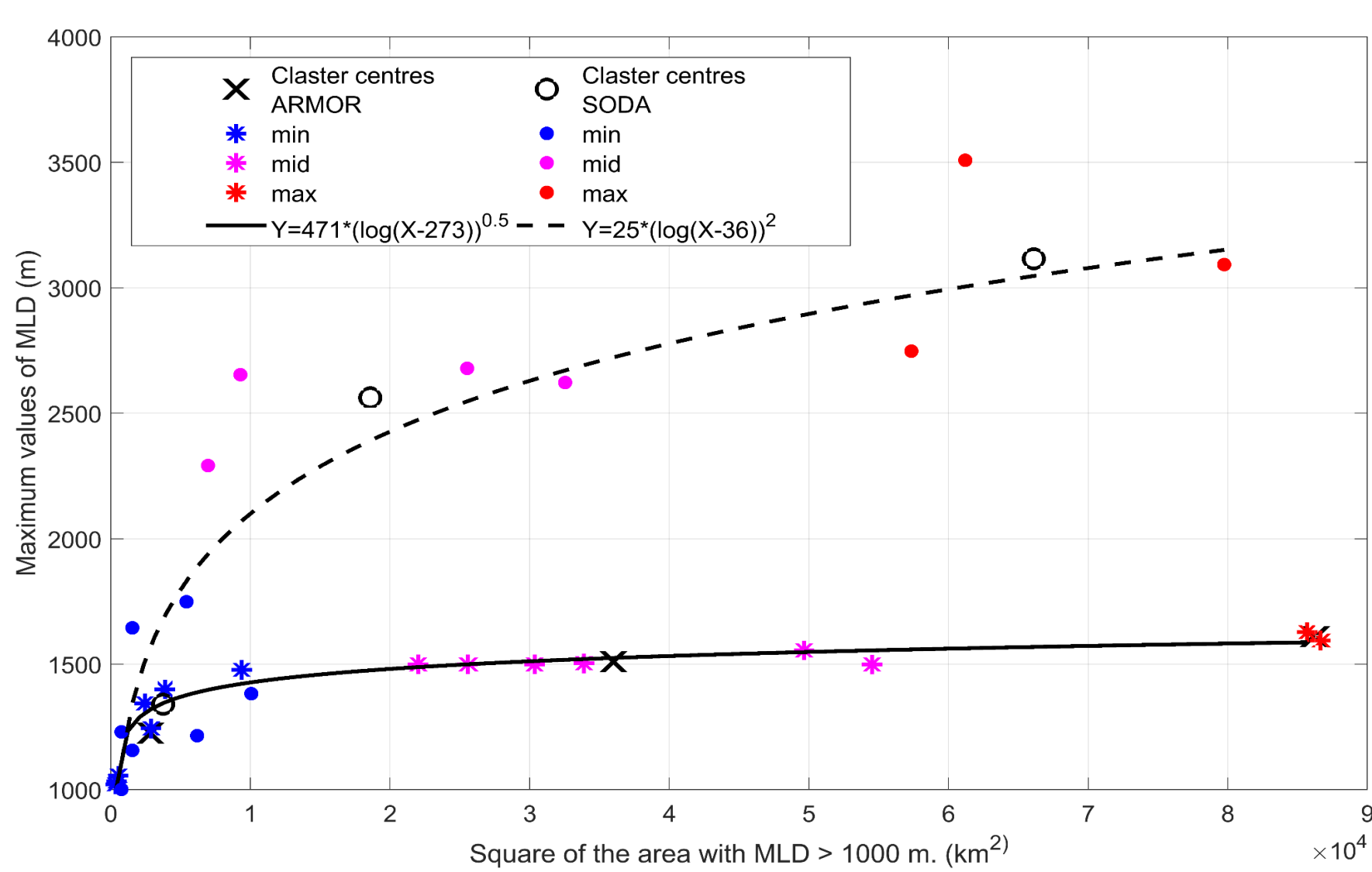


Рисунок 2. Связь максимальной глубины конвекции и площади с глубинами ВКС >1000 м. Результаты кластерного анализа выделены разными цветами (по данным массивов ARMOR - кружки и SODA- звездочки).

1) Результаты

кластерного анализа методом к-средних в пространстве параметров площадь области с ВКС более 1000 метров и максимальной глубины ВКС (Рис. 2) хорошо аппроксимируются логарифмической функцией.

2) По выделенным 3-м кластерам (Рис. 2), сформированы «синтетические» пространственные распределения глубин ВКС в период максимального развития конвекции (Рис. 3). Для каждого из 3-х кластеров воспроизведены площади, занимаемые областями с заданным диапазоном максимальных глубин ВКС внутри области 74-77° с.ш., 4° з.д. - 4° в.д..

Схематические распределения средних глубин ВКС по площади внутри каждого кластера для центральной части Гренландского моря

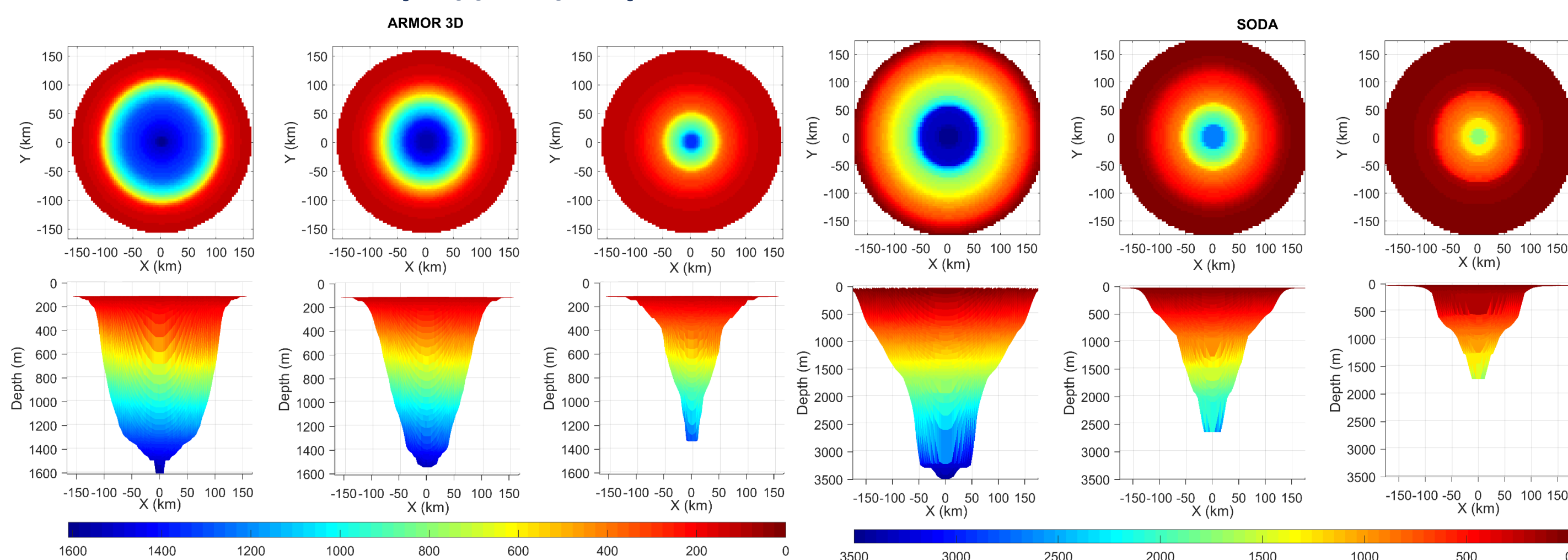


Рисунок 3. Схематические распределения средних глубин ВКС для каждого кластера. Расчеты выполнены по массивам SODA и ARMOR 3D

При уменьшении интенсивности конвекции площадь, охваченная глубинами ВКС более 1000 м, существенно сокращается. Данные ARMOR показывают значительно большие площади максимальных глубин конвекции для кластера каждого типа, чем данные SODA.

3) По полученным полям ВКС случайным образом были разбросаны «станции наблюдений», от 10 до 100 штук в одном наборе. Для каждого набора проводилось 100 экспериментов. Рассчитывалась ошибка (ΔZ в %) между истинной максимальной глубиной ВКС по исходному полю и максимальной глубиной ВКС по эксперименту. Для каждого набора оценивались средняя ошибка, а также среднее значение 4-го (наихудшего) квартиля (Рис. 4).

4) По данным массива EN4 были определены годы, когда количество наблюдений в холодный период года превышает критическое (Рис. 5).

5) Предложен индекс (Рис. 7), который основан на отношении суммы глубин ВКС (MLD), рассчитанных по EN4, превышающих определенное значение глубины (h_i) к сумме всех глубин ВКС (MLD_{all}), см ур-е (1).

$$DC_i = \frac{\sum MLD_{\geq h_i}}{\sum MLD_{all}}, h_i=200:100:1500 \quad (1)$$

6) Аналогично рис 4. определялись ошибки по индексу (Рис.6)

Цель работы: Оценить достоверность оценок интенсивности конвекции в зависимости от количества данных измерений

Результаты: 1) точность определения ВКС

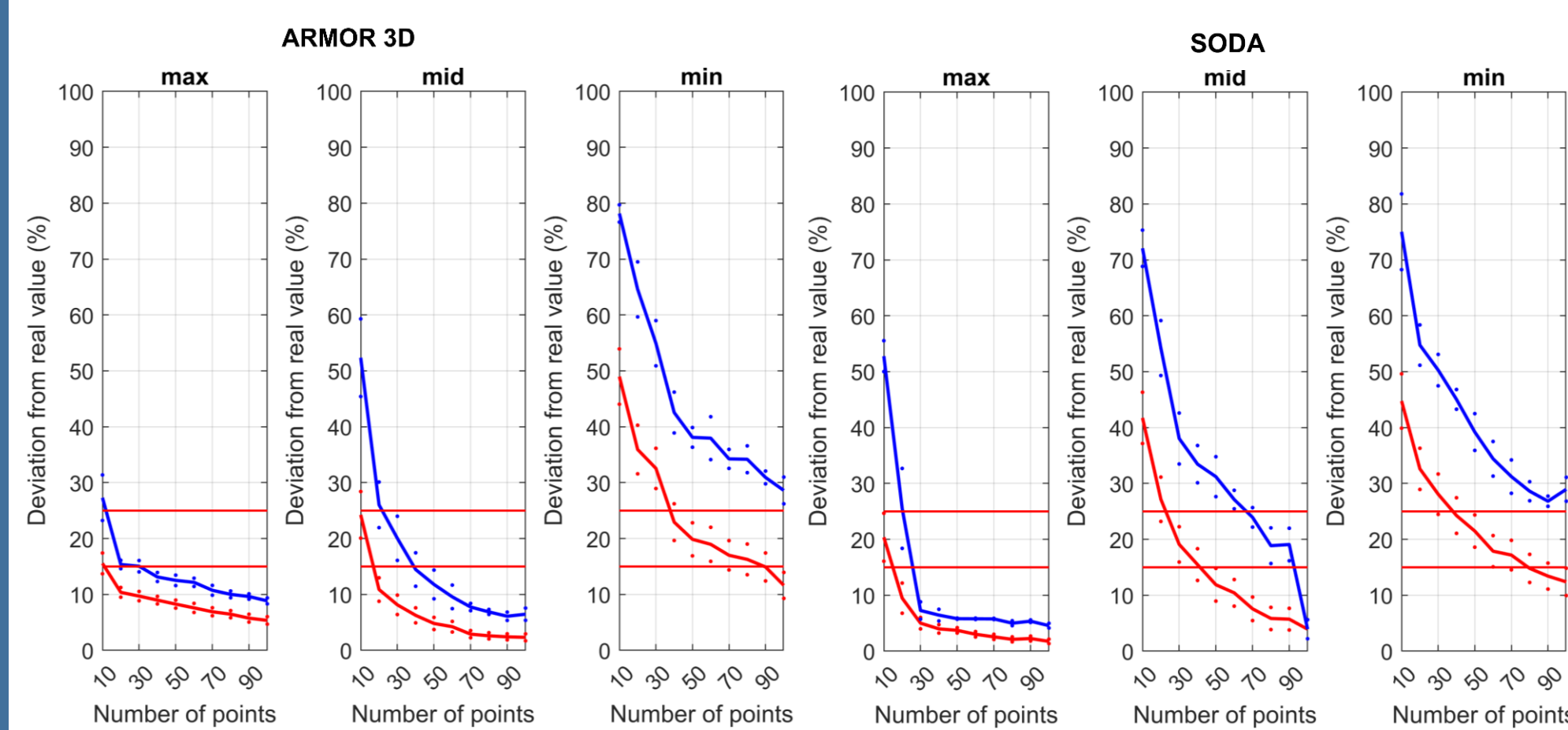


Рисунок 4. Процент ошибки определения глубины ВКС по случайному набору точек. Красная линия – разница для осреднённых по 100 экспериментам, синяя – для осредненных по 0,75 квартили самых значительных отклонений из 100 экспериментов. Точками отмечена стандартная ошибка среднего.

В области, в которой чаще всего происходит глубокая конвекция, наихудшие результаты получены по полю с наименьшей интенсивностью конвекции (Рис. 4, min). В этом случае, ошибка в 15%, в среднем, достигается при наличии не менее 90 «станций», тогда как при развитии глубокой конвекции - достаточно 40 «станций»

2) Количество профилей

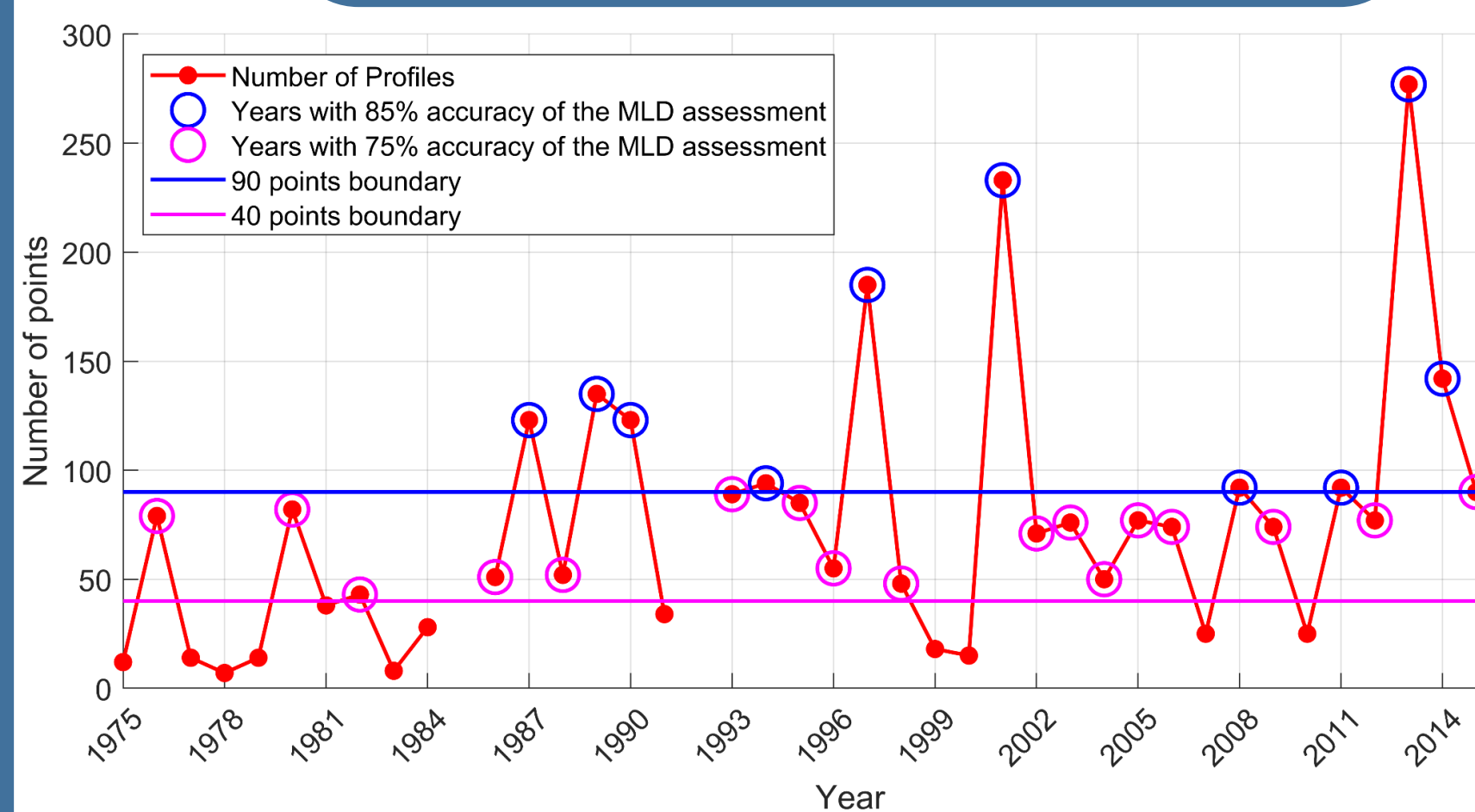


Рисунок 5. Количество профилей в области возможного развития глубокой конвекции (74-77° с.ш., 4° з.д. - 4° в.д.)

С 1985г. ≥ 90 станций (см. Рис. 5) в области глубокой конвекции наблюдалось для 50% лет наблюдений; ≤ 40 станций – для 20% (в 6 случаях из 33). В эти года максимальные глубины ВКС можно считать достоверными. С 2005г. в области глубокой конвекции концентрируется более 50% всех буев АРГО в море (Рис.1).

3) Индекс

Для предложенного индекса наихудшие результаты также получены по полю с наименьшей интенсивностью конвекции. Ошибка 15%, в среднем, может быть достигнута при наличии 20 «станций» (Рис. 6).

Индекс хорошо воспроизводит интенсивность конвекции (Рис. 7), коэффициент корреляции – 0,92. Для 75% лет было выполнено достаточно станций, чтобы рассчитать индекс с точностью не менее 15%.

Разность индекса между исходным и полученным по случайному набору точек

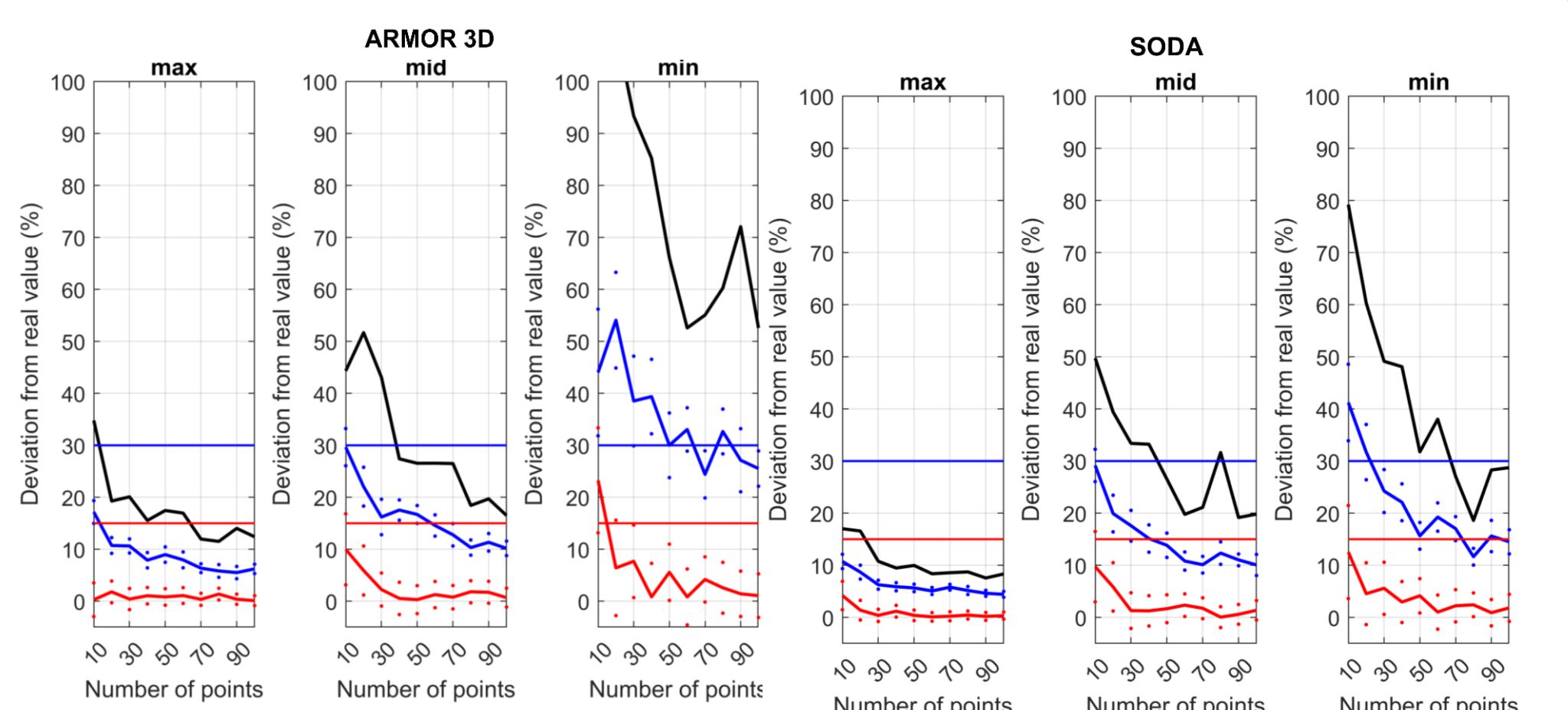


Рисунок 6. Процент ошибки определения индекса по случайному набору точек. Красная линия – разница для осреднённых по 100 экспериментам, синяя – для осредненных по 0,75 квартили самых сильных отклонений из 100 экспериментов, черная – для наибольшего отклонения

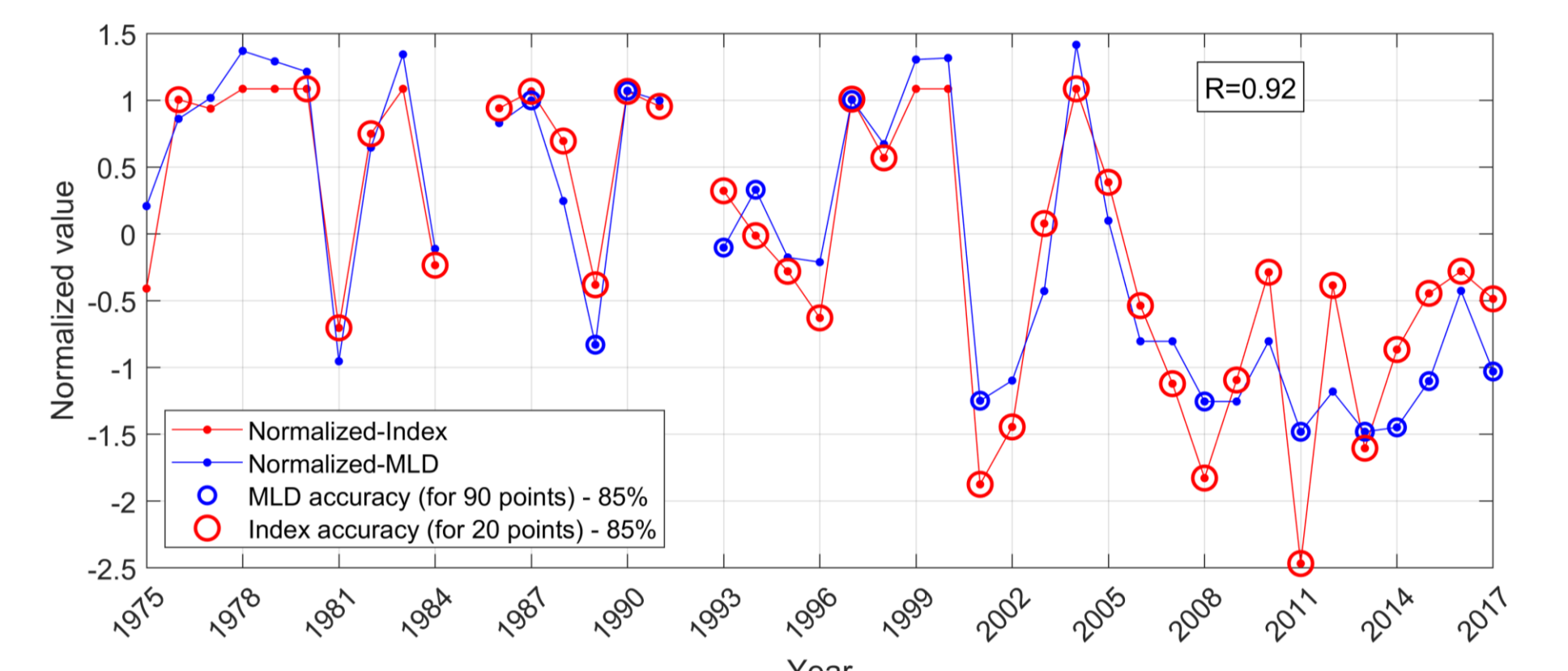


Рисунок 7. Нормированные значения индекса (красным) и максимальной глубины ВКС (синим). Кружки выделяют годы, в которые возможно определить параметр с точностью не менее 85%