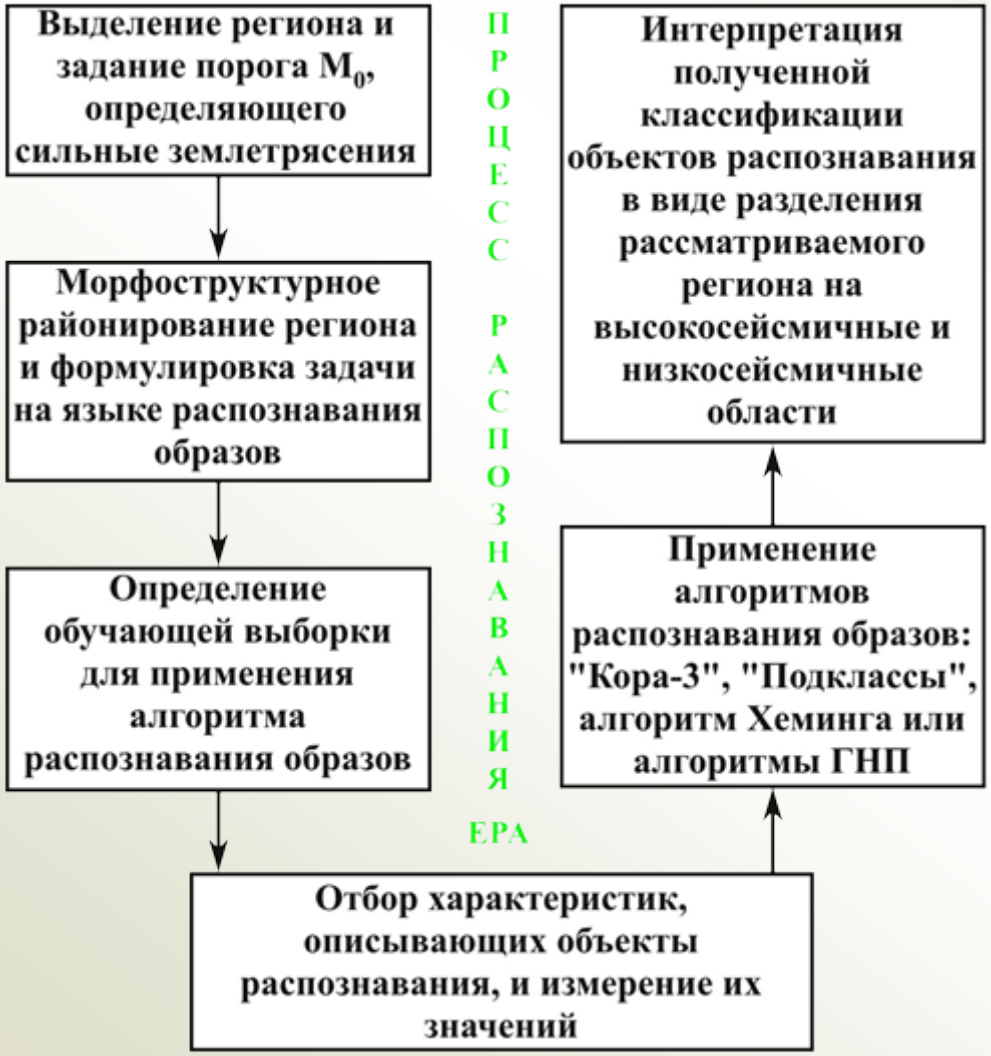
Выездное заседание Научного совета РАН по изучению Арктики и Антарктики (НС РАН по ИАА)
5 – 9 апреля 2023 г.
г. Мурманск, г. Апатиты

Распознавание мест будущих землетрясений в восточном секторе Арктической зоны Российской Федерации

Академик РАН А.Д. Гвишиани, д.ф.-м.н. Б.А. Дзебоев,
к.г.-м.н. Б.В. Дзеранов, к.ф.-м.н. Э.О. Кедров,
к.ф.-м.н. А.А. Скоркина, к.т.н. И.М. Никитина

Исследование выполнено в рамках
гранта Российского научного фонда № 21-77-30010

Классическая постановка задачи распознавания мест возможного возникновения землетрясений



$\boldsymbol{w} \in \boldsymbol{W}$ – объекты распознавания

$\boldsymbol{W_0} \subset \boldsymbol{W}$ – объекты обучения

$$\boldsymbol{W_0} = \boldsymbol{B_0} \sqcup \boldsymbol{H_0}$$

$\boldsymbol{B_0}$ – объекты вблизи которых известны эпицентры землетрясений с $\boldsymbol{M} \geq \boldsymbol{M_0}$

Процесс распознавания **ЕРА**

$$W = B \sqcup H$$

Метод FCAZ (Formalized Clustering And Zoning)

Метод FCAZ базируется на топологической фильтрации точечного множества эпицентров достаточно слабых землетрясений, которые служат объектами распознавания. В основе FCAZ лежит композиция алгоритмов DPS и E²XT.

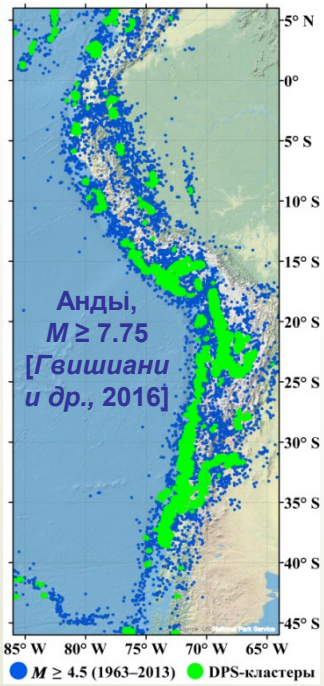
$$\mathrm{FCAZ}(\gamma) = \mathrm{E^2XT}(\delta, C, \omega, v) \circ \mathrm{DPS}(q, \beta),$$

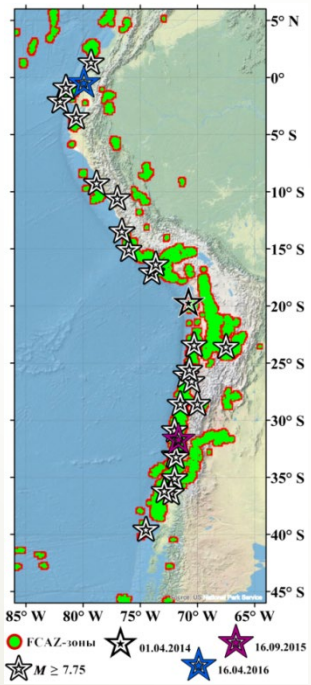
где $\gamma = \{\delta, C, \omega, v\} \cup \{q, \beta\} = \{\delta, C, \omega, v, q, \beta\}$.

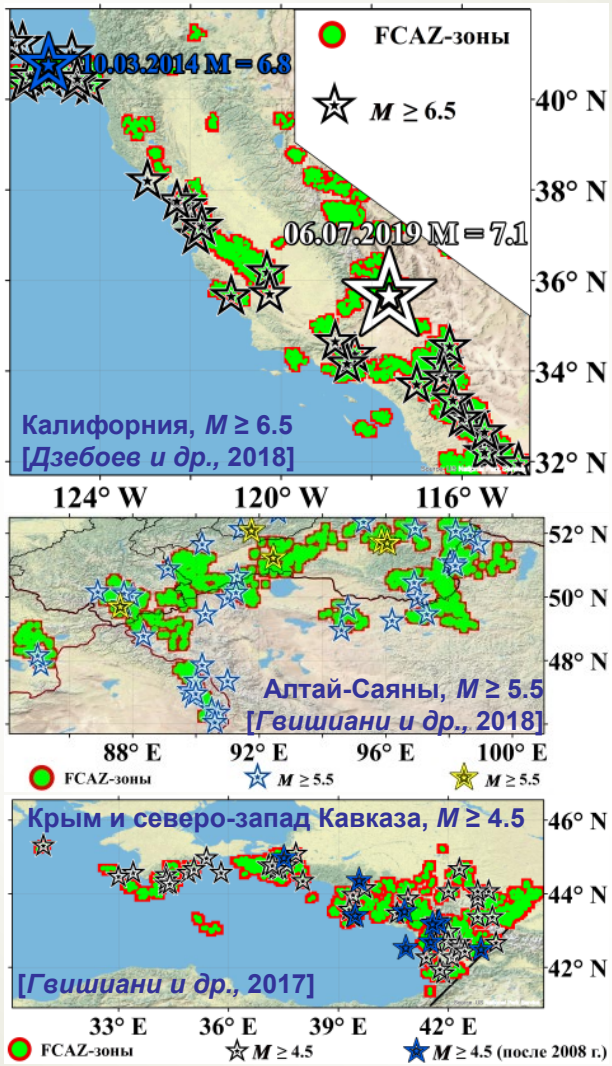
- Алгоритм $\mathrm{DPS}(q, \beta): W \to \{B_1, \dots, B_n\} = W(\alpha(\beta, q))$ – ***Discrete Perfect Sets***
  - $q < 0$ для расчета радиуса локализации $r_q(W)$.
  - $\beta \in [-1, 1]$ – уровень максимальности необходимой плотности в DPS-кластерах.
- Алгоритм $\mathrm{E^2XT}(\delta, C, \omega, v): B_i \to F(B_i)$ – ***Extension***
  - δ – шаг географической сетки
  - $\omega < 0,\ v < 0$ – свободные параметры
  - C – тип связности

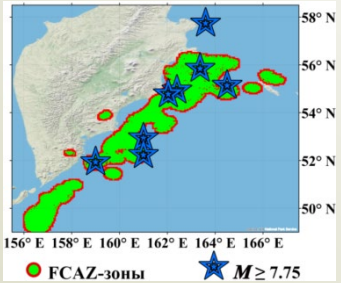
Блок-схема метода FCAZ

Некоторые результаты FCAZ-распознавания мест возможного возникновения землетрясений

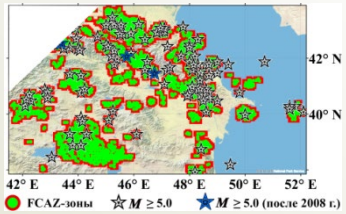






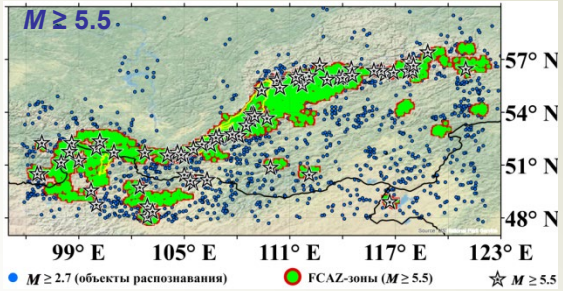


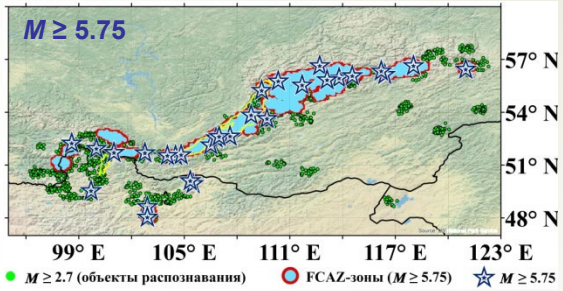
Камчатка, $M \geq 7.75$
[Дзебоев и др., 2018]

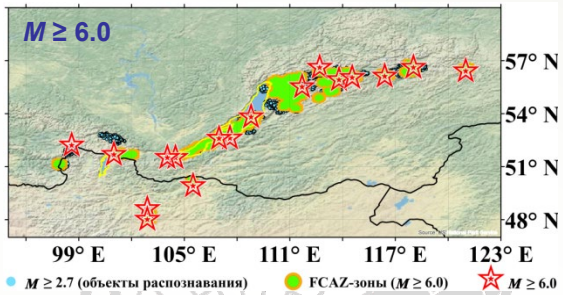


Кавказ, $M \geq 5.0$
[Гвишиани и др., 2016]

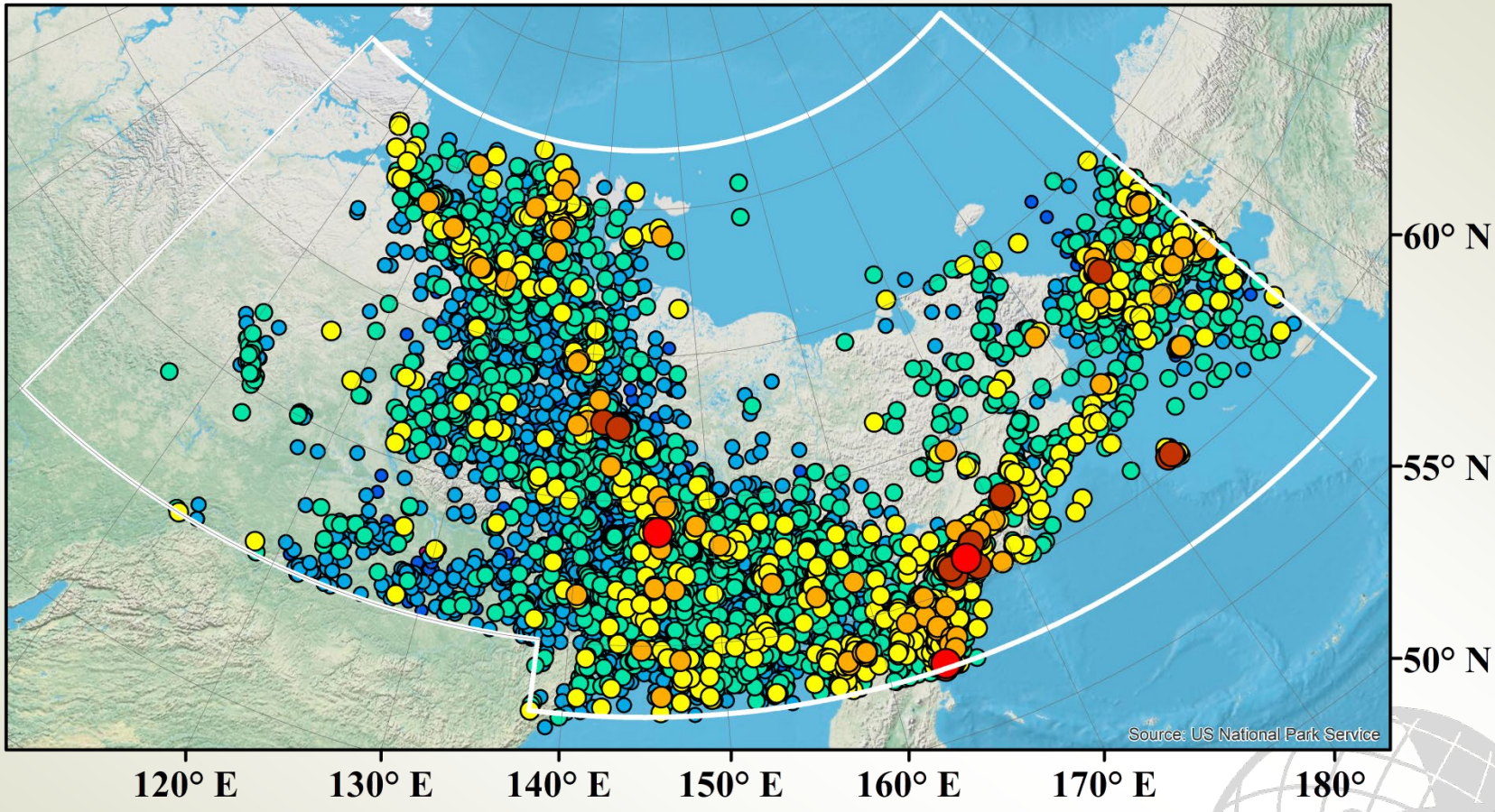
Прибайкалье-Забайкалье
[Гвишиани и др., 2017]







Объединенный каталог землетрясений восточного сектора АЗРФ, 1962 – 2020 гг.

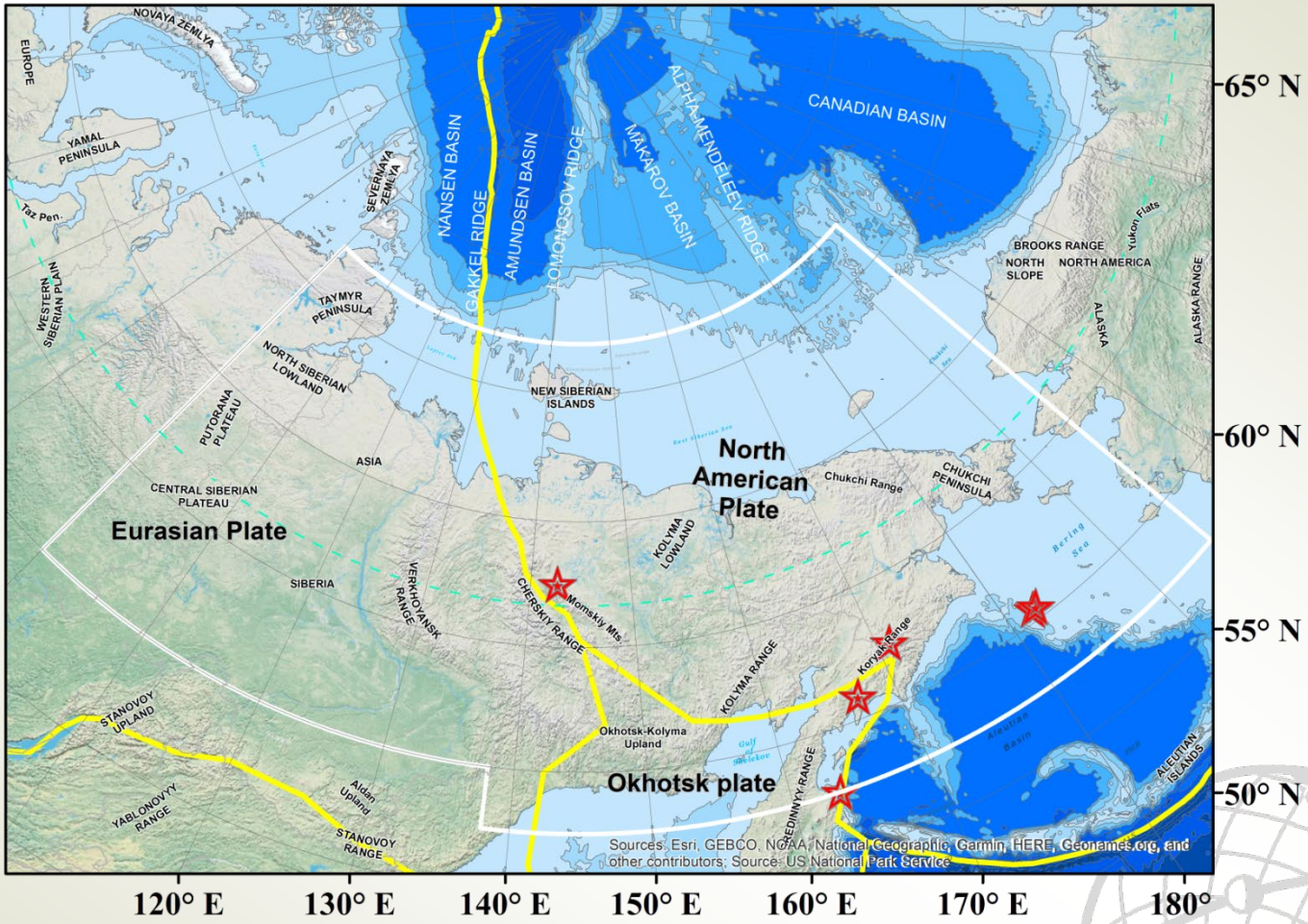


Эпицентры землетрясений:

- $M < 1$
- $1 \le M < 2$
- $2 \le M < 3$
- $3 \le M < 4$
- $4 \le M < 5$
- $5 \le M < 6$
- $6 \le M < 7$
- $M \ge 7$

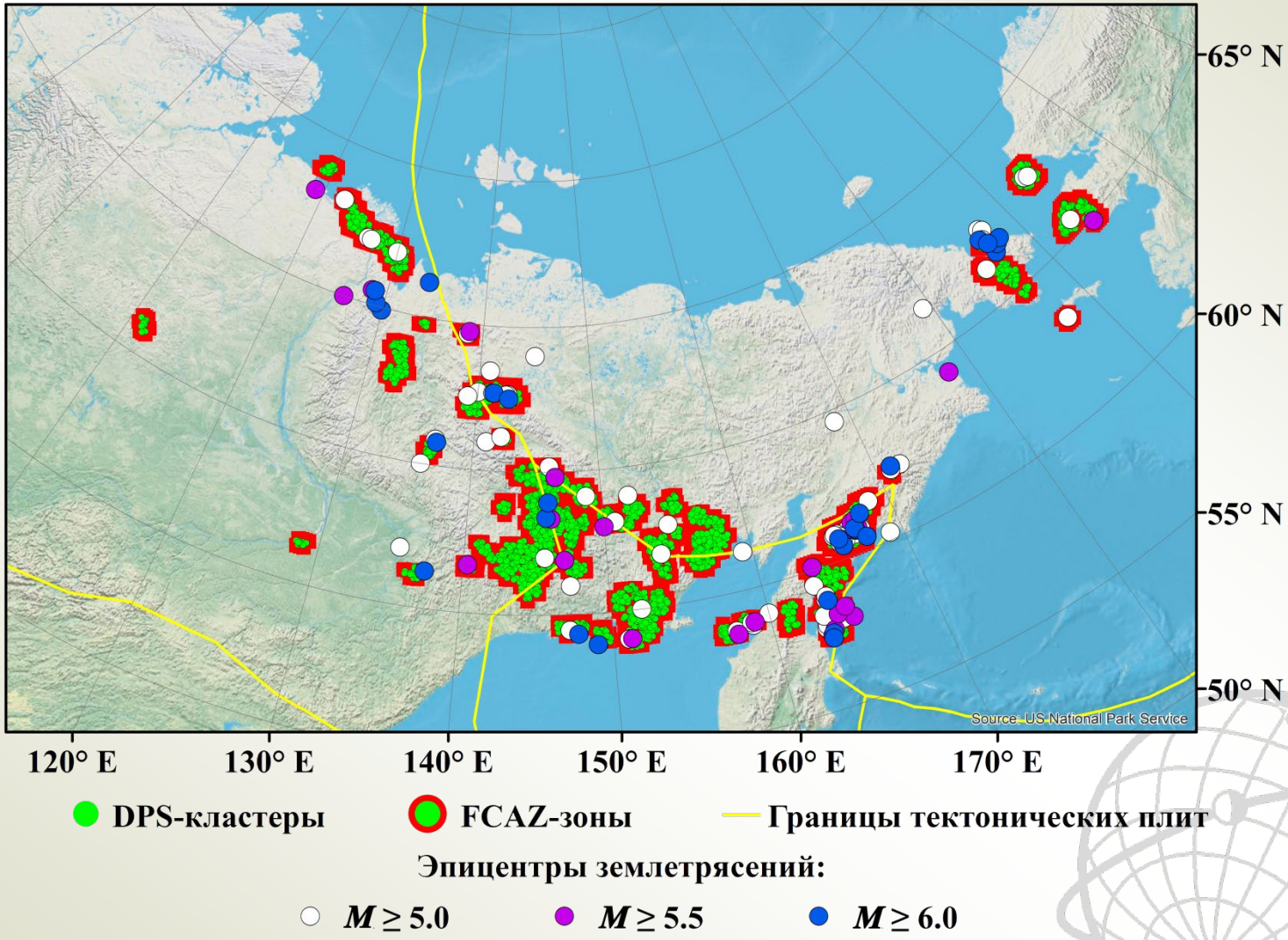
Белая рамка – границы региона, для которого создан объединенный каталог и в пределах которого выполнялось FCAZ-распознавание

Основные структуры восточного сектора АЗРФ



Желтая линия – границы тектонических плит
Светло-зеленый пунктир – полярный круг
Красные звезды – эпицентры землетрясений с $M \geq 6.0$

FCAZ-зоны возможного возникновения землетрясений с $M \geq 5.5$ в восточном секторе АЗРФ и эпицентры землетрясений с $M \geq 5.0$



Выводы

- Настоящая работа продолжает исследования авторов по распознаванию мест возможного возникновения землетрясений с помощью метода FCAZ.
- Методом FCAZ распознаны места возможного возникновения землетрясений с $M \geq 5.5$ в восточном секторе Арктической зоны Российской Федерации. FCAZ-зоны хорошо согласуются с эпицентрами известных сильных землетрясений в регионе. Показано, что определенные потенциальные высокосейсмичные зоны приурочены к границам Евразийской, Северо-Американской и Охотоморской тектонических плит. Помимо этого высокосейсмичными признаны и районы, расположенные на достаточном удалении от границ основных тектонических структур изучаемого региона.
- Полученные результаты, в том числе, указывают на необходимость использования при FCAZ-распознавании в качестве магнитудного порога M_R (начиная с которого эпицентры землетрясений используются в качестве объектов распознавания) значения оценки полноты магнитуды M_c в каталоге. Это позволяет использовать при FCAZ-распознавании набор данных, который является наиболее полным и содержащим минимальное количество ошибок в значениях параметров сейсмичности рассматриваемого региона.
- Результаты настоящего исследования опубликованы: *Gvishiani A.D., Dzeboev B.A., Dzeranov B.V., Kedrov E.O., Skorkina A.A., Nikitina I.M.* Strong Earthquake-Prone Areas in the Eastern Sector of the Arctic Zone of the Russian Federation // Applied Sciences. 2022. Vol. 12. (SI: Geoinformatics and Data Mining in Earth Sciences). 11990. DOI: 10.3390/app122311990.