

# Современная практика оценки сейсмической опасности объектов ядерной энергетики



**ИФЗ РАН**

**Рогожин Евгений Александрович,  
Заместитель директора по научной работе Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,  
доктор геолого-минералогических наук, профессор;**

**Татевосян Рубен Эдуардович,  
заведующий лабораторией сильных землетрясений и сейсмометрии Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН,  
доктор физ.-мат.наук.**

В общем составе планировочных, проектных и инженерно-геологических работ для объектов атомной энергетики детальное сейсмическое районирование (ДСР) начинается на первых стадиях, включая выбор места для проектируемого объекта, обоснование инвестиций, разработку проекта, но завершается не менее чем через два месяца после получения результатов геодезических, инженерно-геологических, сейсмологических и геофизических изысканий. Важнейшим вопросом является наличие или отсутствие на площадке активных разломов.

ДСР проводится в три этапа:

- 1 этап – сбор и обобщение исходного материала;
- 2 этап – дистанционные и полевые исследования;
- 3 этап – обработка материалов, разработка заключения об уровне сейсмической опасности, написание отчета о выполненных работах.

ДСР включает три основных вида работ:

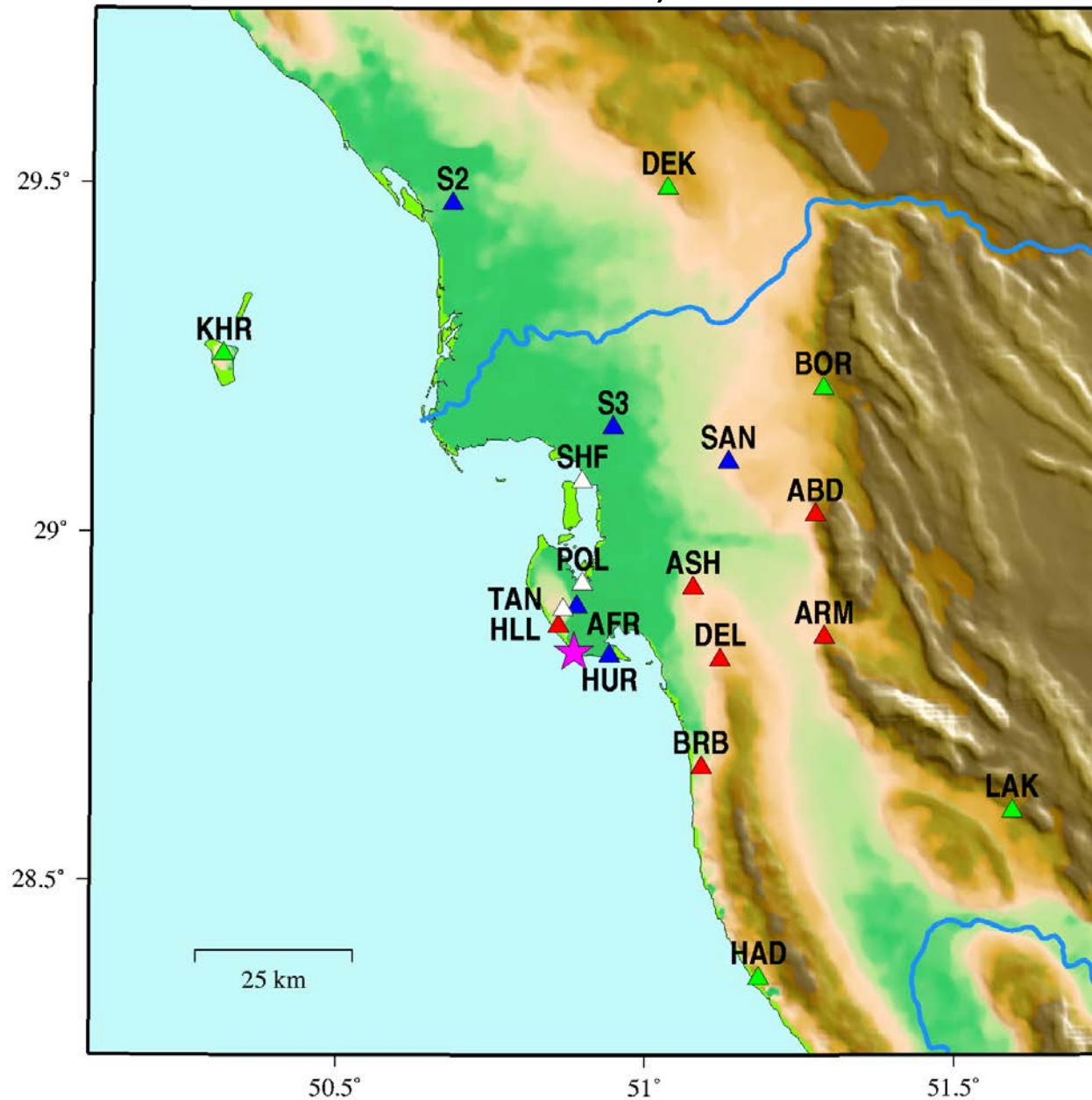
- 1) сейсмотектонические исследования;
- 2) сейсмологические исследования;
- 3) расчет сейсмических воздействий.

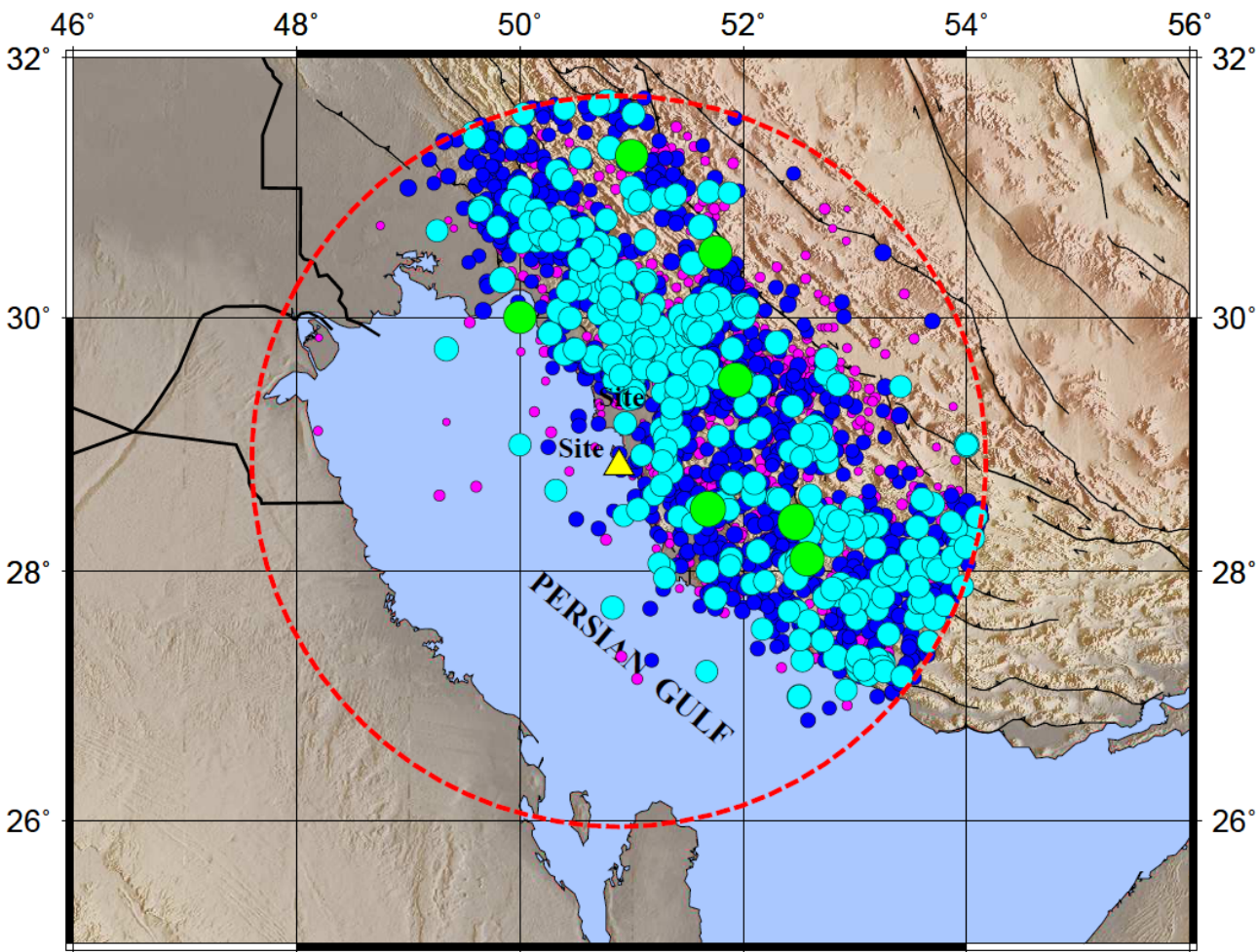
В настоящем докладе уделяется внимание сейсмотектоническим исследованиям, которые должны представить информацию об активных разломах, как в районе объекта, так и на площадке.

Геодинамическая модель

Региона Бушерской АЭС

# Локальная сеть сейсмических станций в регионе БАЭС (1999-2001 гг.)





Эпицентры  
землетрясений,  
зарегистриро-  
ванных в  
регионе  
строительства  
Бушерской  
АЭС

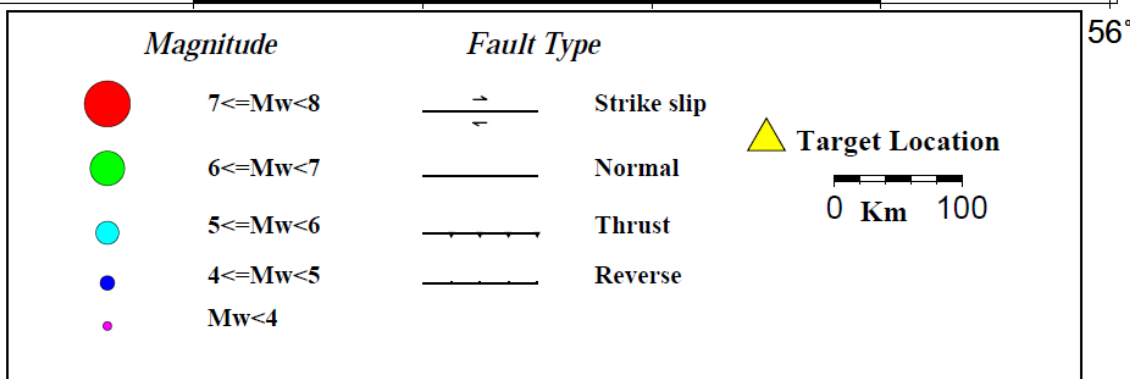
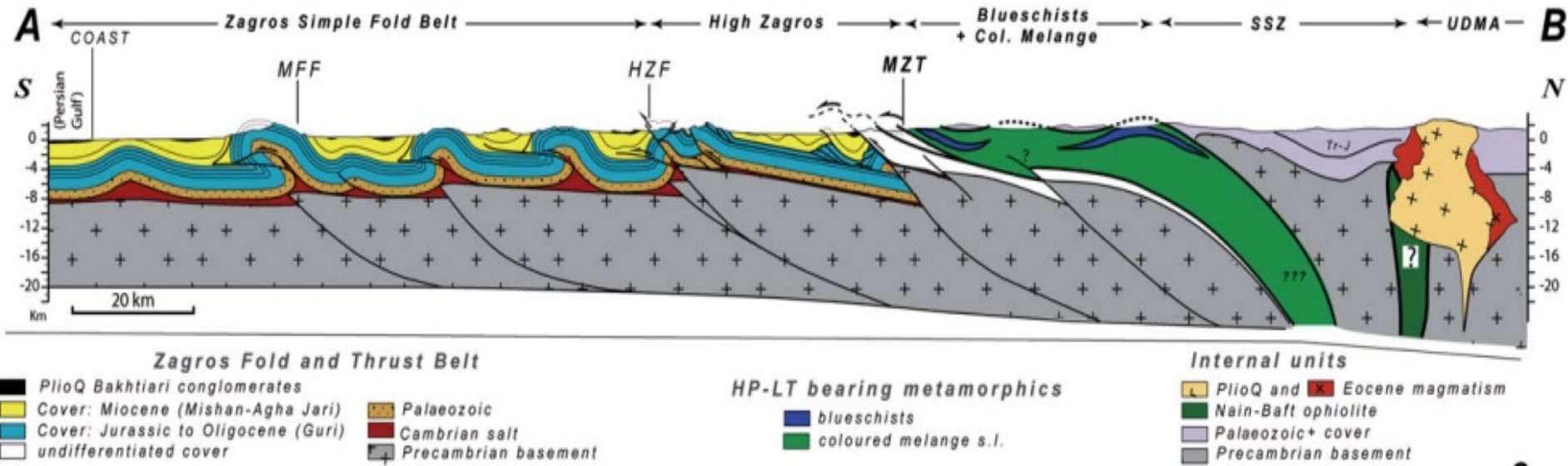


Figure 3: Distribution of declustered events in the final catalog around the 300 Km of the site

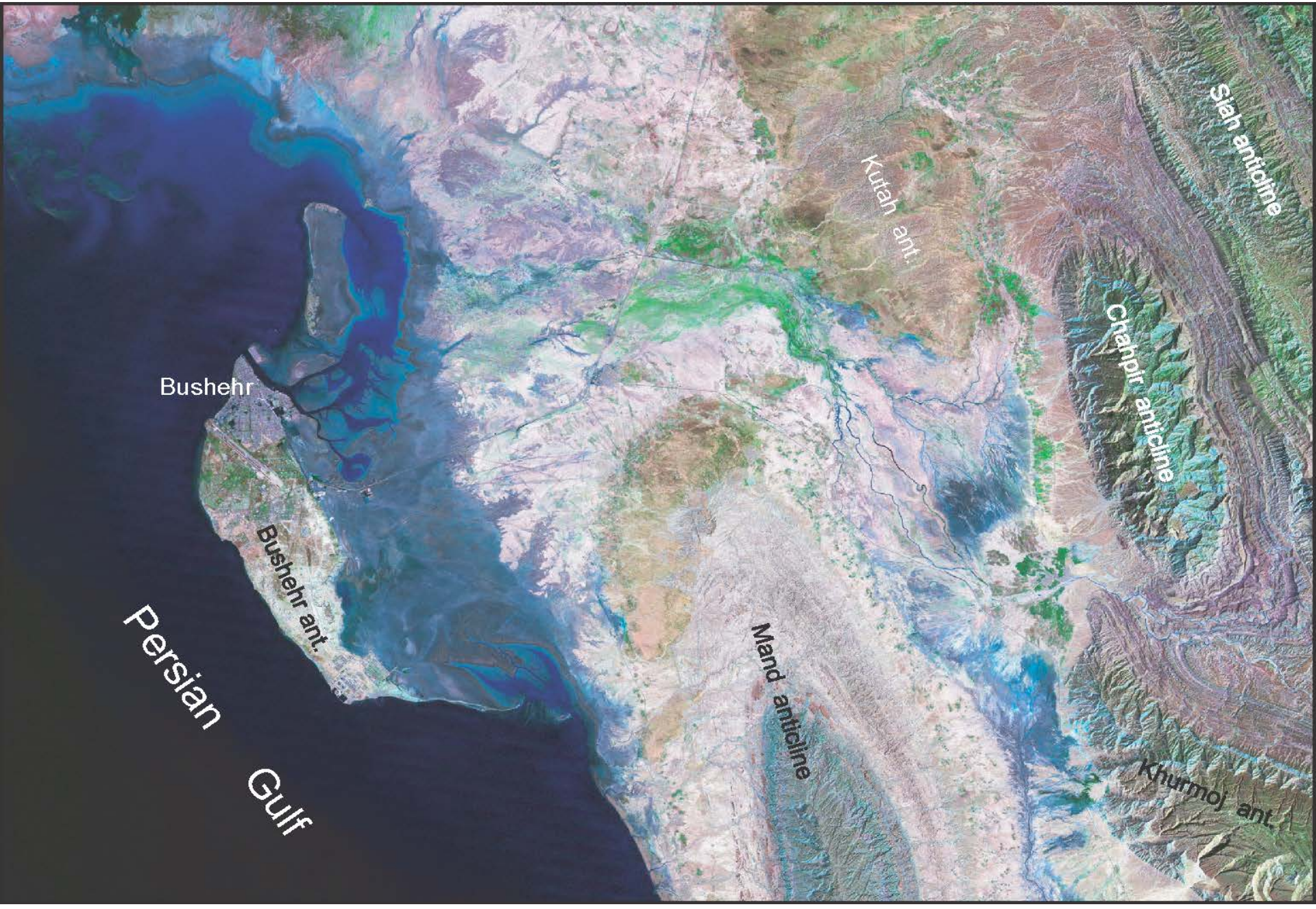
**Структурная интерпретация соотношения Аравийской плиты и складчатого пояса Загроса (Ziegler, 2001).**



# Разрез через складчатый пояс Загроса и северо-восточную часть Месопотамского предгорного прогиба (Agard et al., 2011).







Bushehr

Bushehr ant.

Persian Gulf

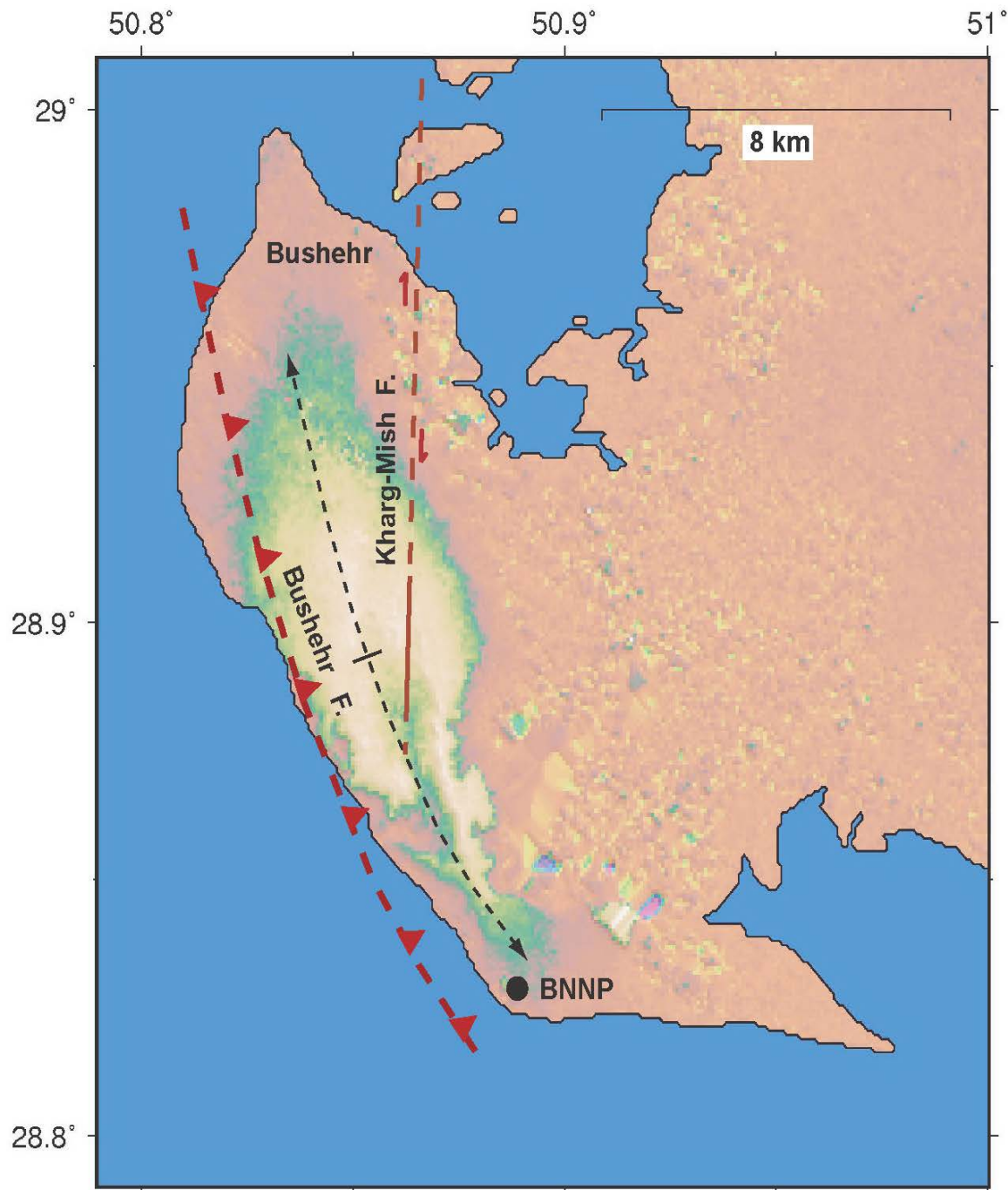
Kutah ant.

Mand anticline

Chahpor anticline

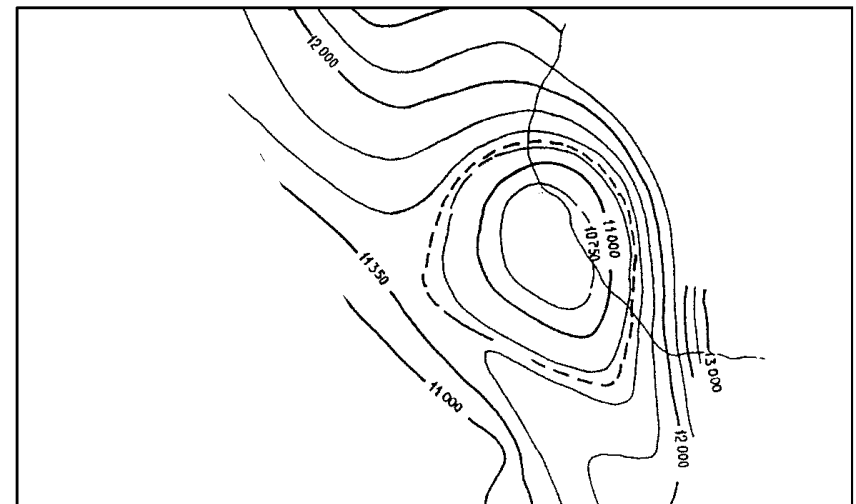
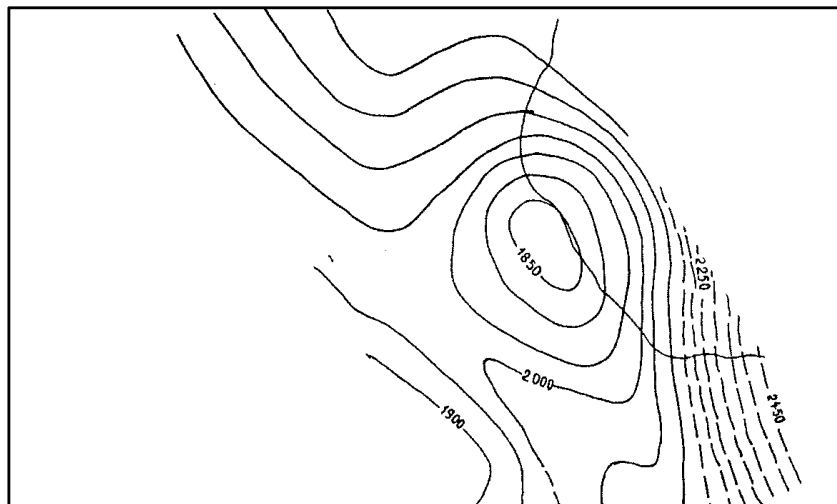
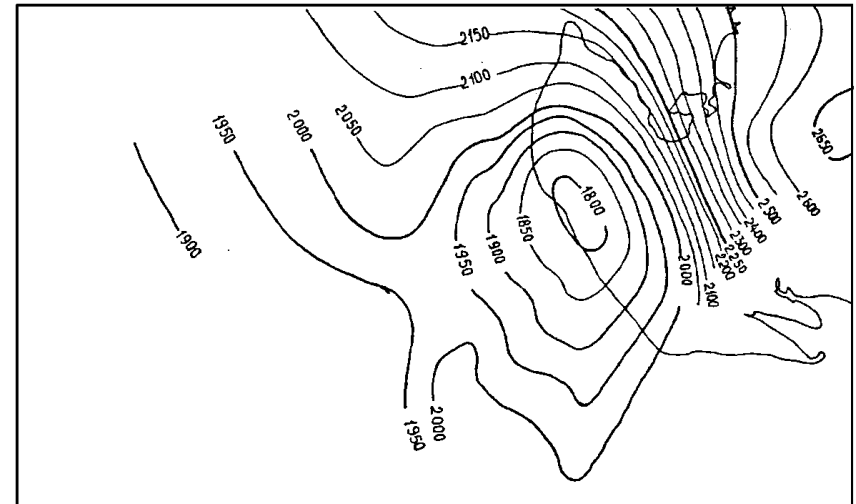
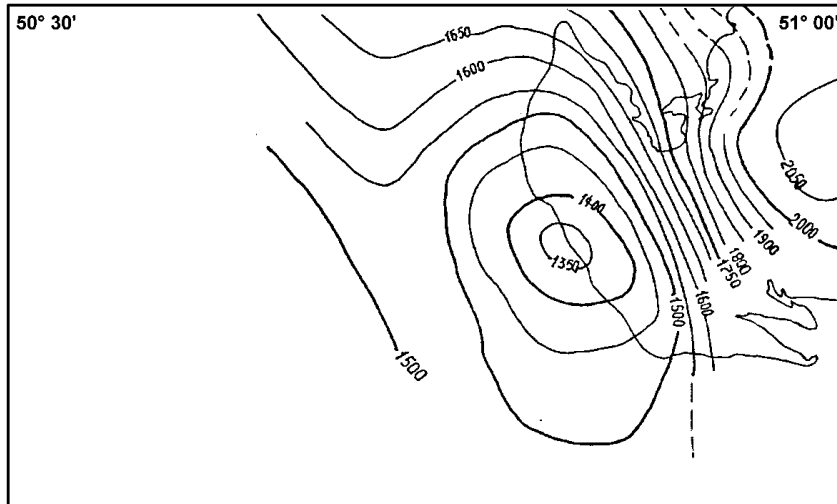
Siyah anticline

Khurmoj ant.

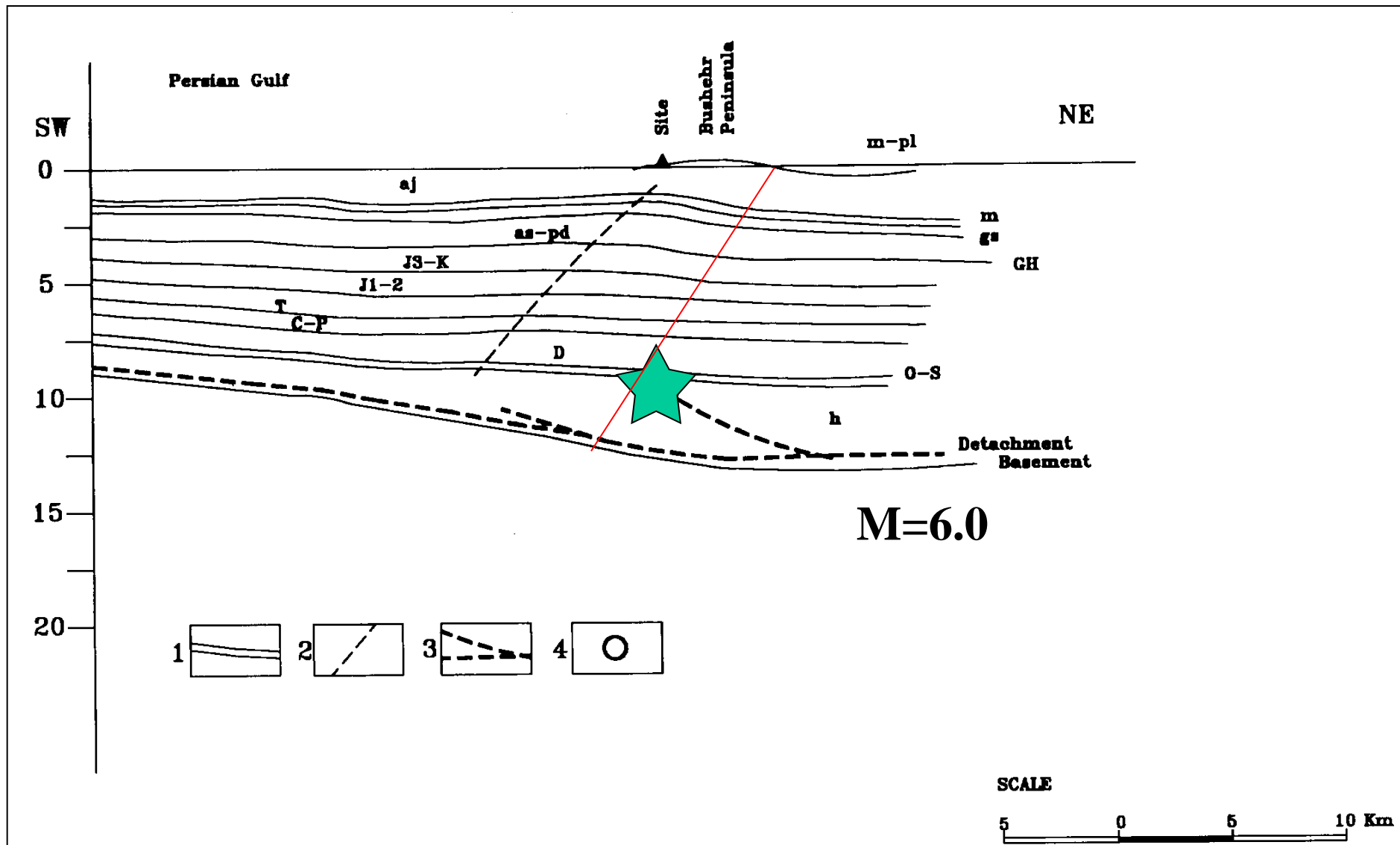


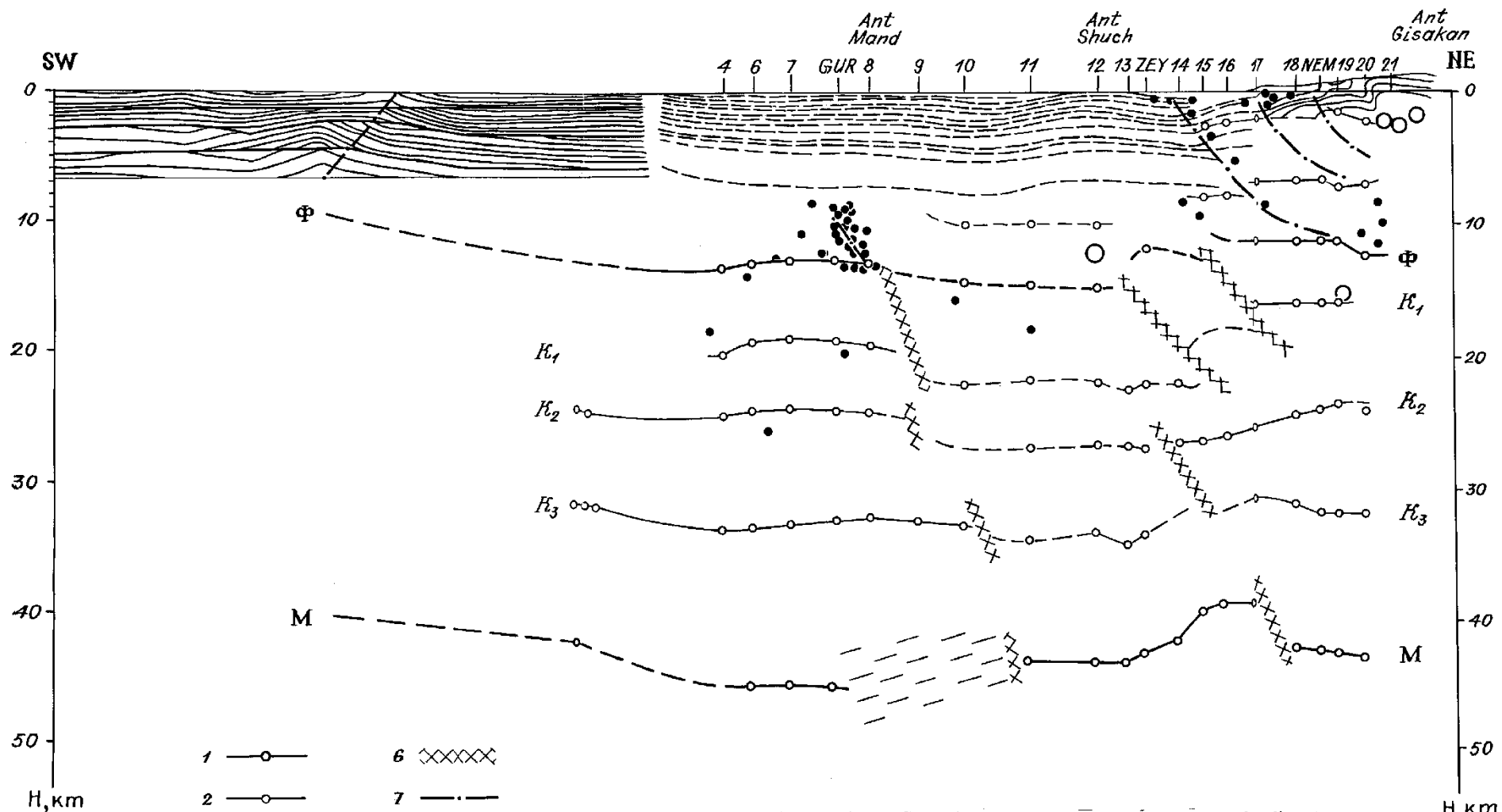
Топографическая  
модель  
Бушерского п-ва.  
Показаны  
проблематичные  
разломы –  
Бушерский взброс  
и правый сдвиг  
Kharg-Mish (Dr.  
Hessami).

Глубинное строение Бушерской антиклинали: временные карты (в секундах) для кровли формаций Asmari и Kazhdumi, для горизонта “С” и карта глубины горизонта “С” (в футах).



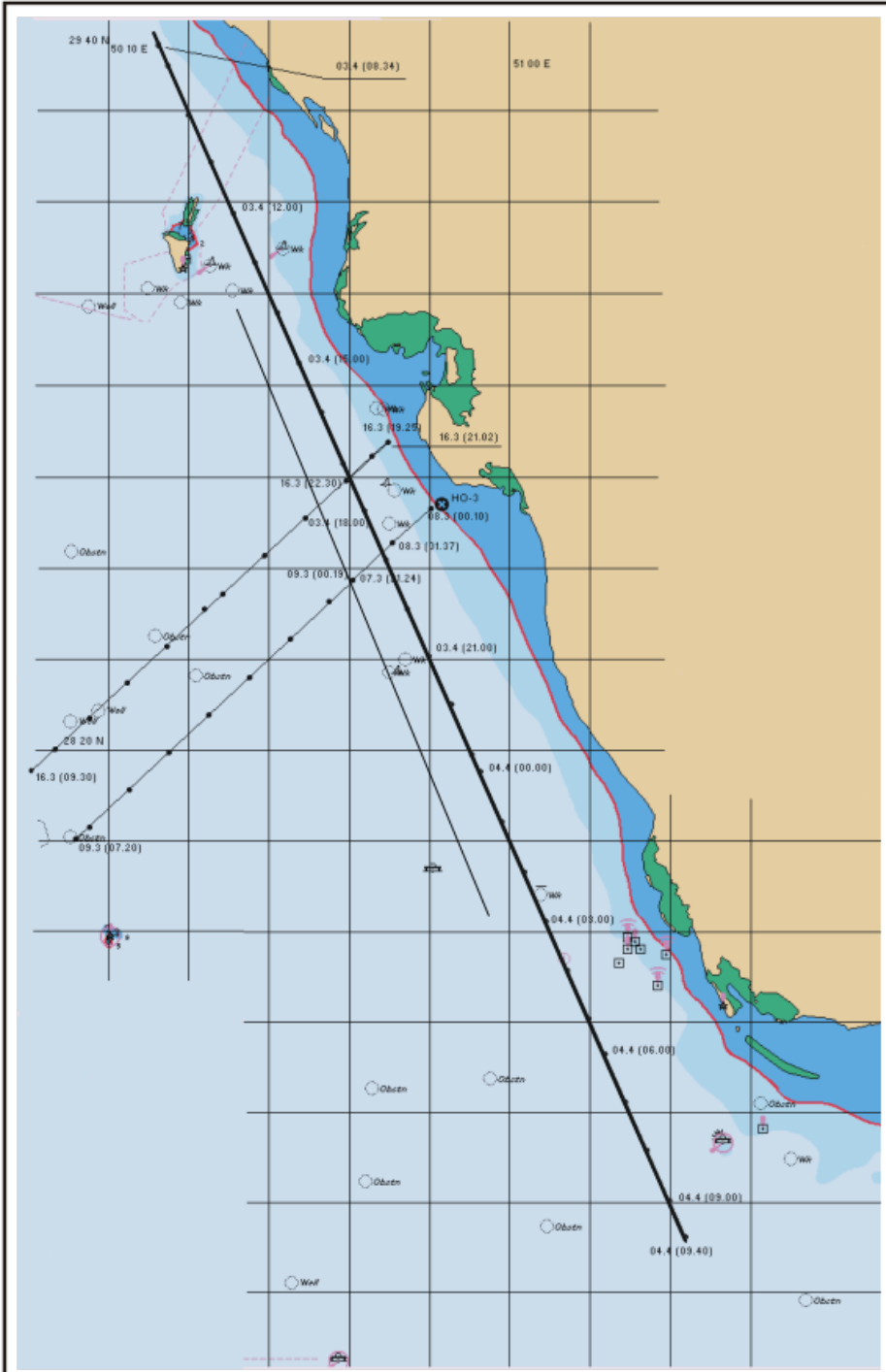
# Балансированный профиль через Бушерскую антиклиналь и площадку ВНРР



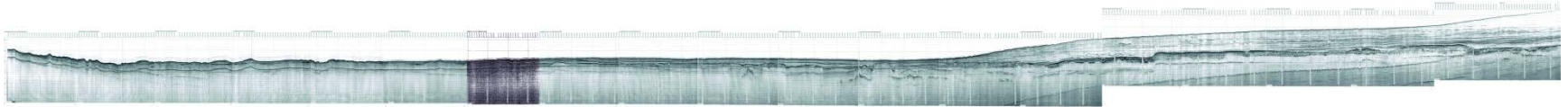
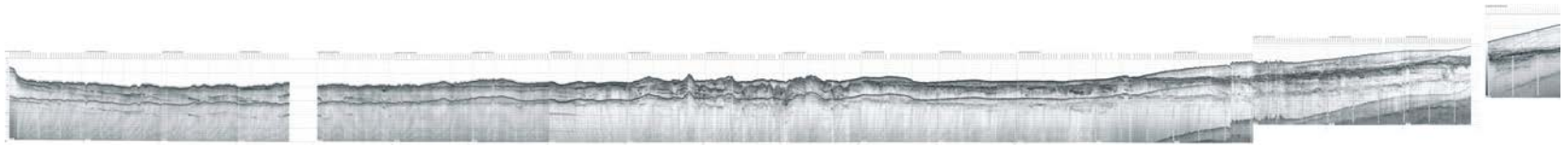
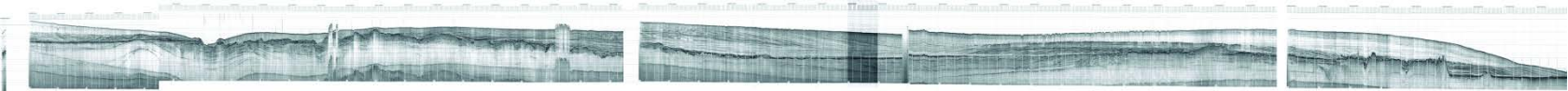


1 - key horizons ECWM, 2 - horizons in the consolidated crust and sedimentary cover ECWM, 3 - horizons DSS: a - key horizons, b - lines of equal velocities, 4 - reflecting horizons CMM, 5 - geological layers, 6 - faults in the consolidated crust, 7 - faults in the sedimentary cover, 8 - blind zone, 9 - earthquake hypocenters based on IPE RAS seismic station data, 10 - earthquake hypocenters based on GEON data

# Положение морских сейсмоакусти- ческих профилей



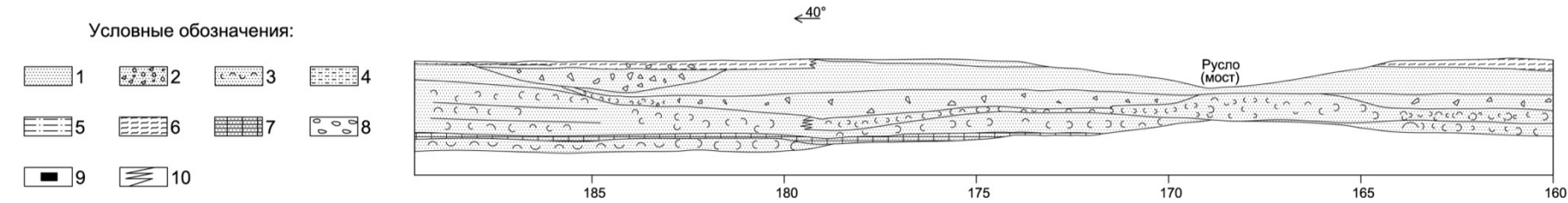
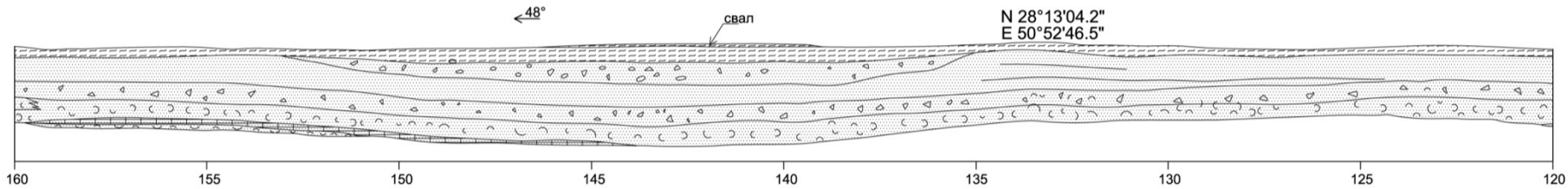
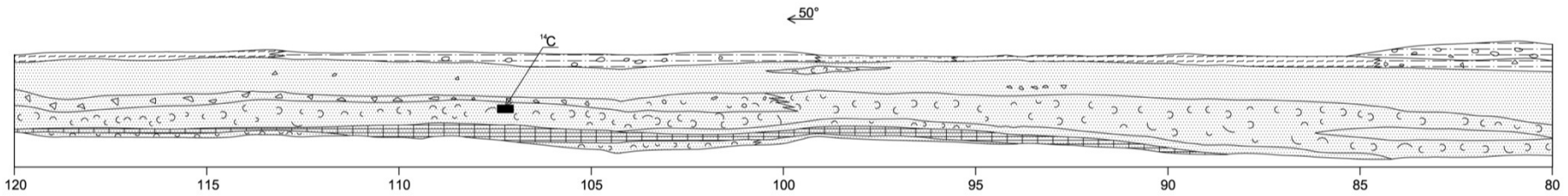
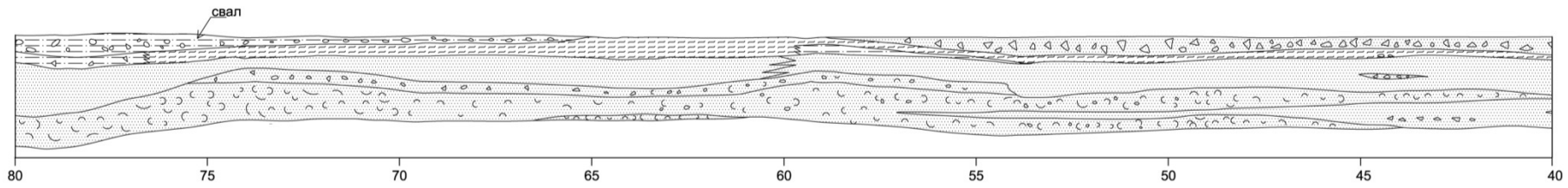
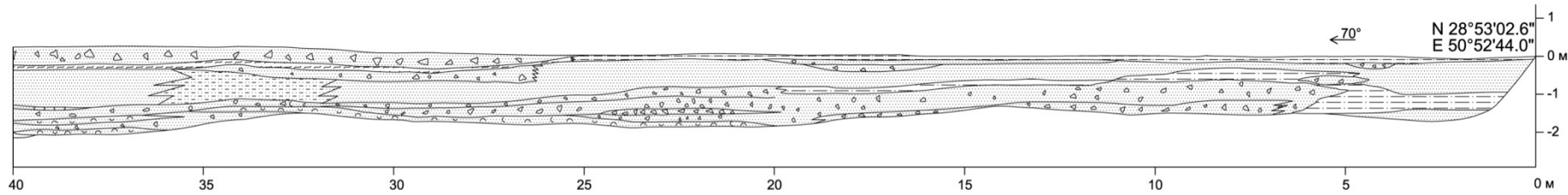
# Сейсмоакустические профили















Траншея на Бушерском полуострове

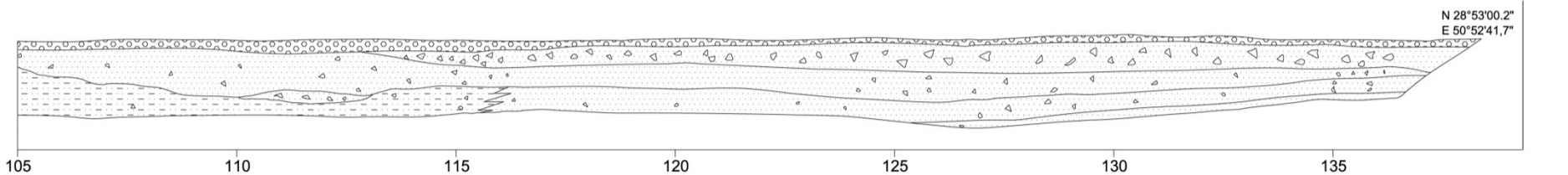
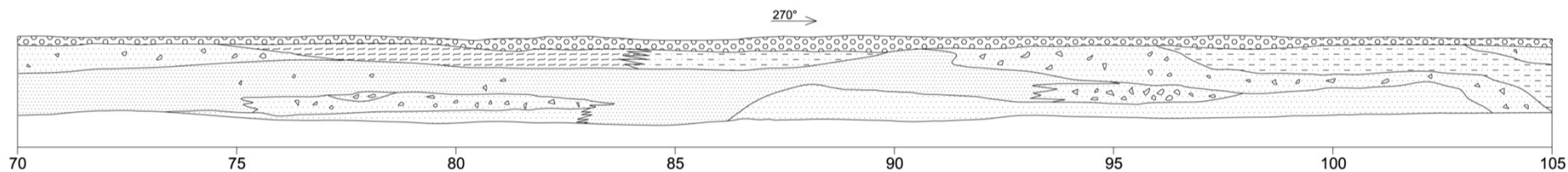
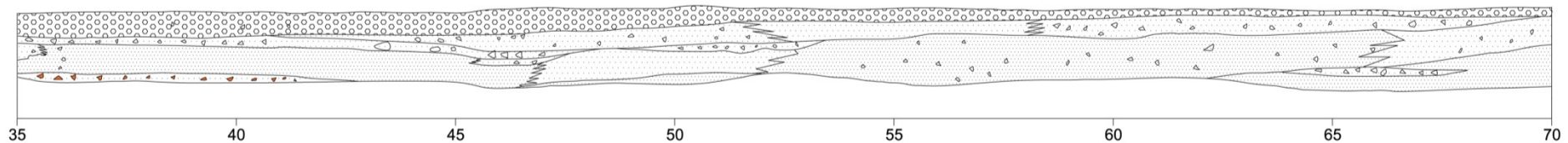
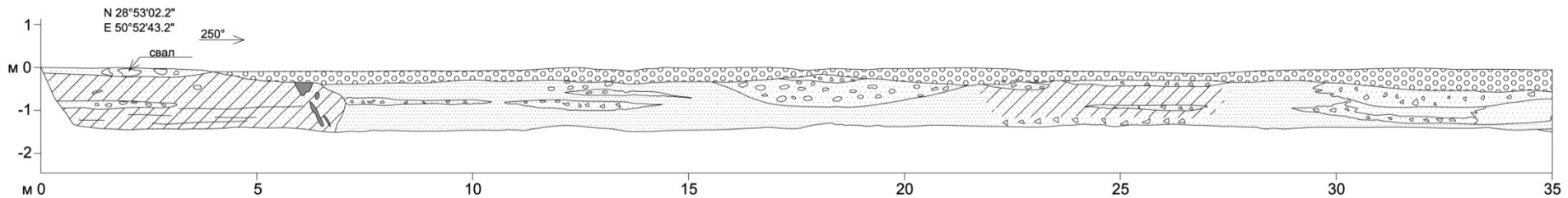




Условные обозначения:

- |  |  |   |   |
|--|--|---|---|
|  1 |  2  |  3 |  4 |
|  5 |  6  |  7 |  8 |
|  9 |  10 |   |   |

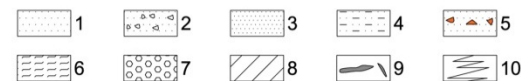
Масштаб вертикальный и горизонтальный 1:50  
 м 0 1 2 3

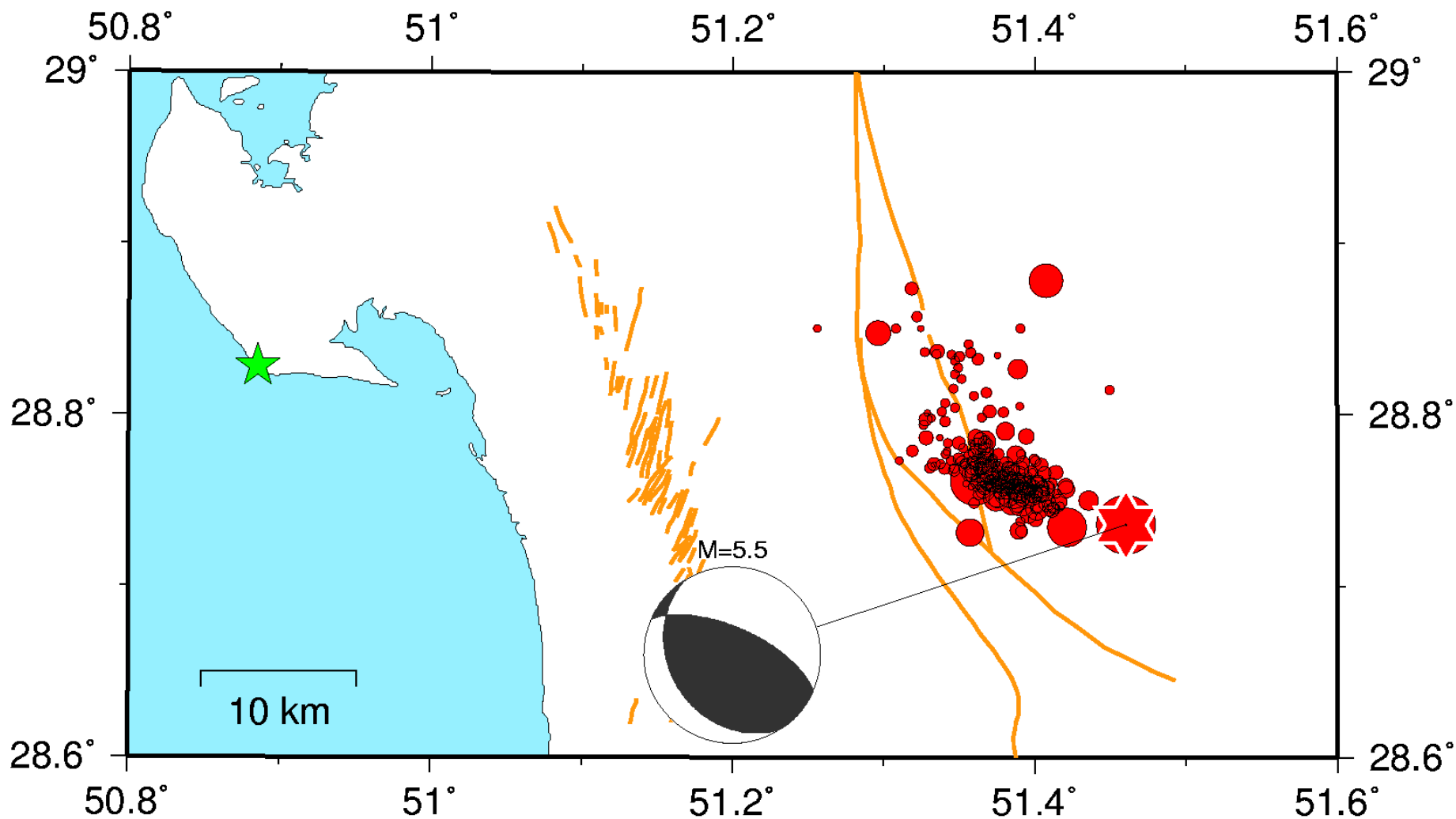


Масштаб вертикальный и горизонтальный 1:50



Условные обозначения:





Карта эпицентров главного толчка Ахрамского землетрясения 1999 г. ( $M=5.5$ ,  $I_0=6-7$ ) и его афтершоков в первую неделю после события

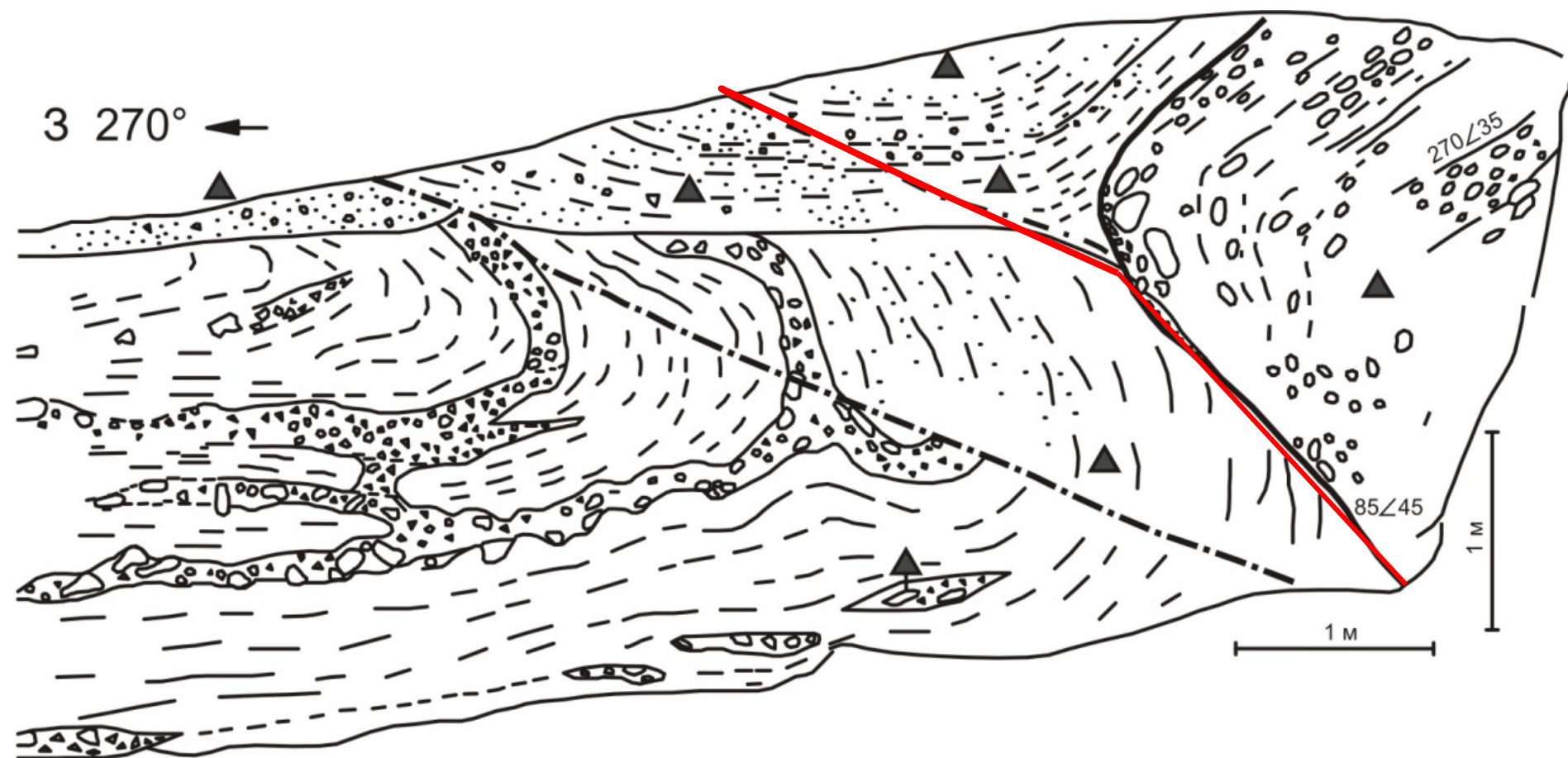


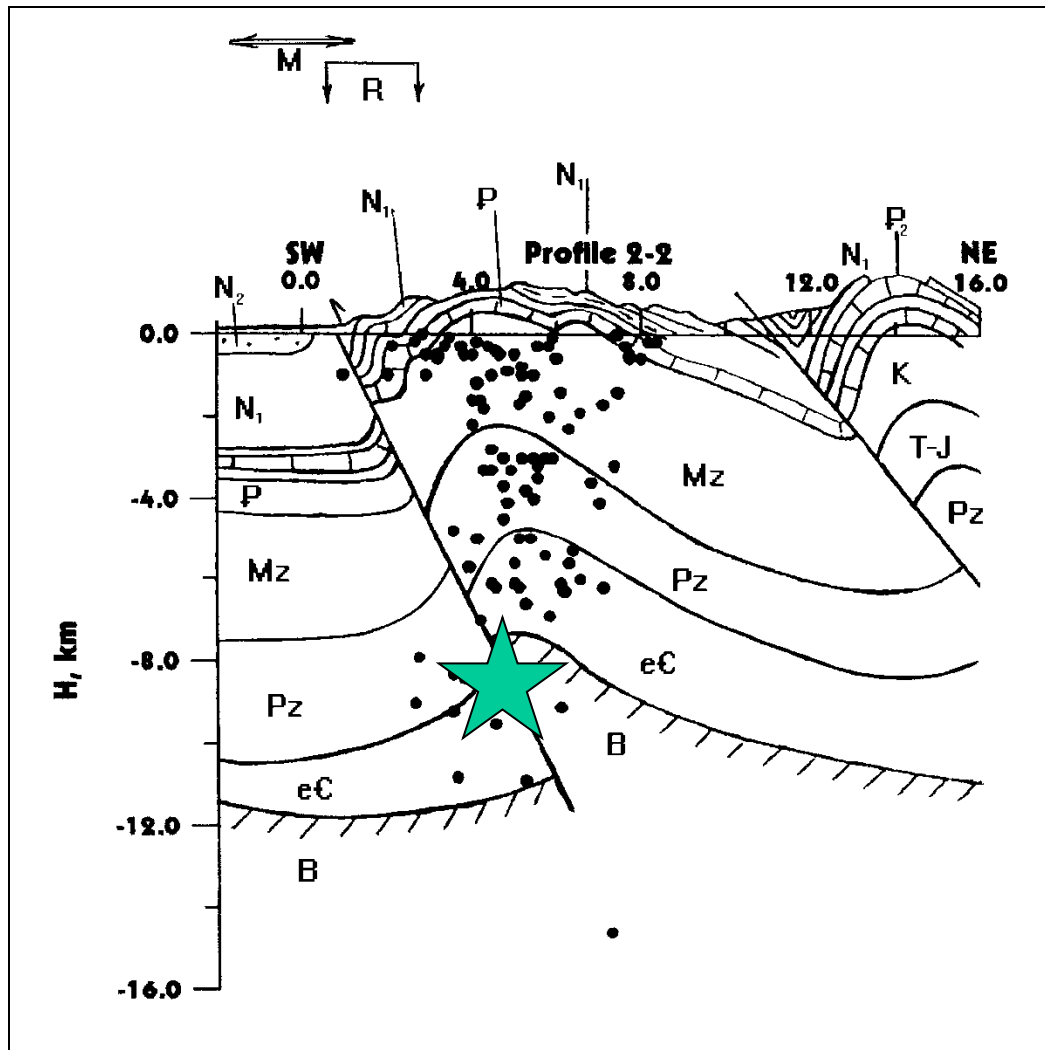
Траншея, заданная вкрест Делвар-Ахрамской зоны сдвигов до Ахрамского землетрясения 1999 г.



Фото стенки  
траншеи 1999 г.  
после  
Ахрамского  
землетрясения

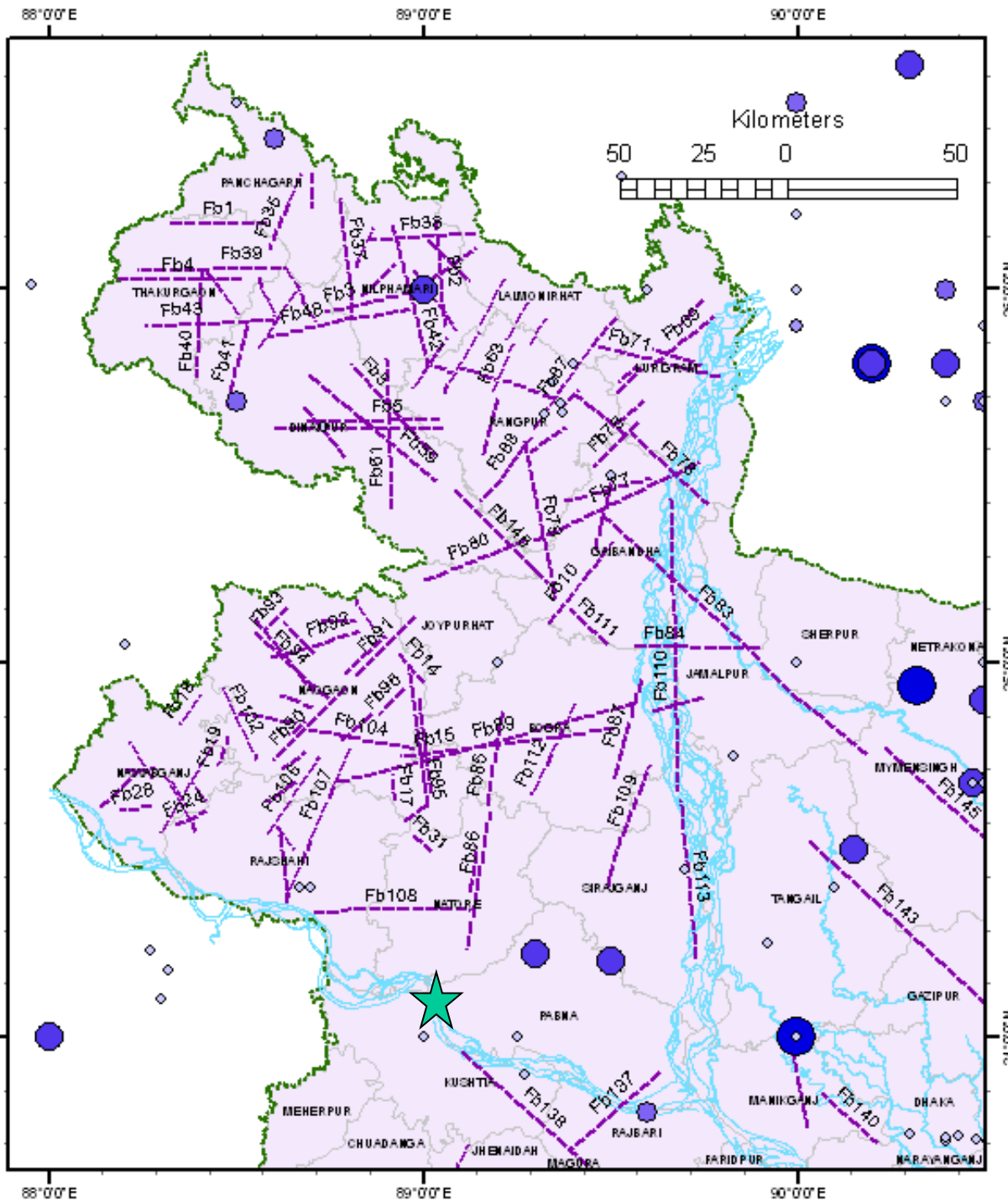
# Документация стенки траншеи после землетрясения 1999 г.



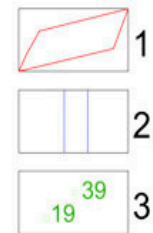


Геолого-сейсмологический разрез гипоцентральной зоны Ахрамского землетрясения 1999 г.,  $h=9.1$  км

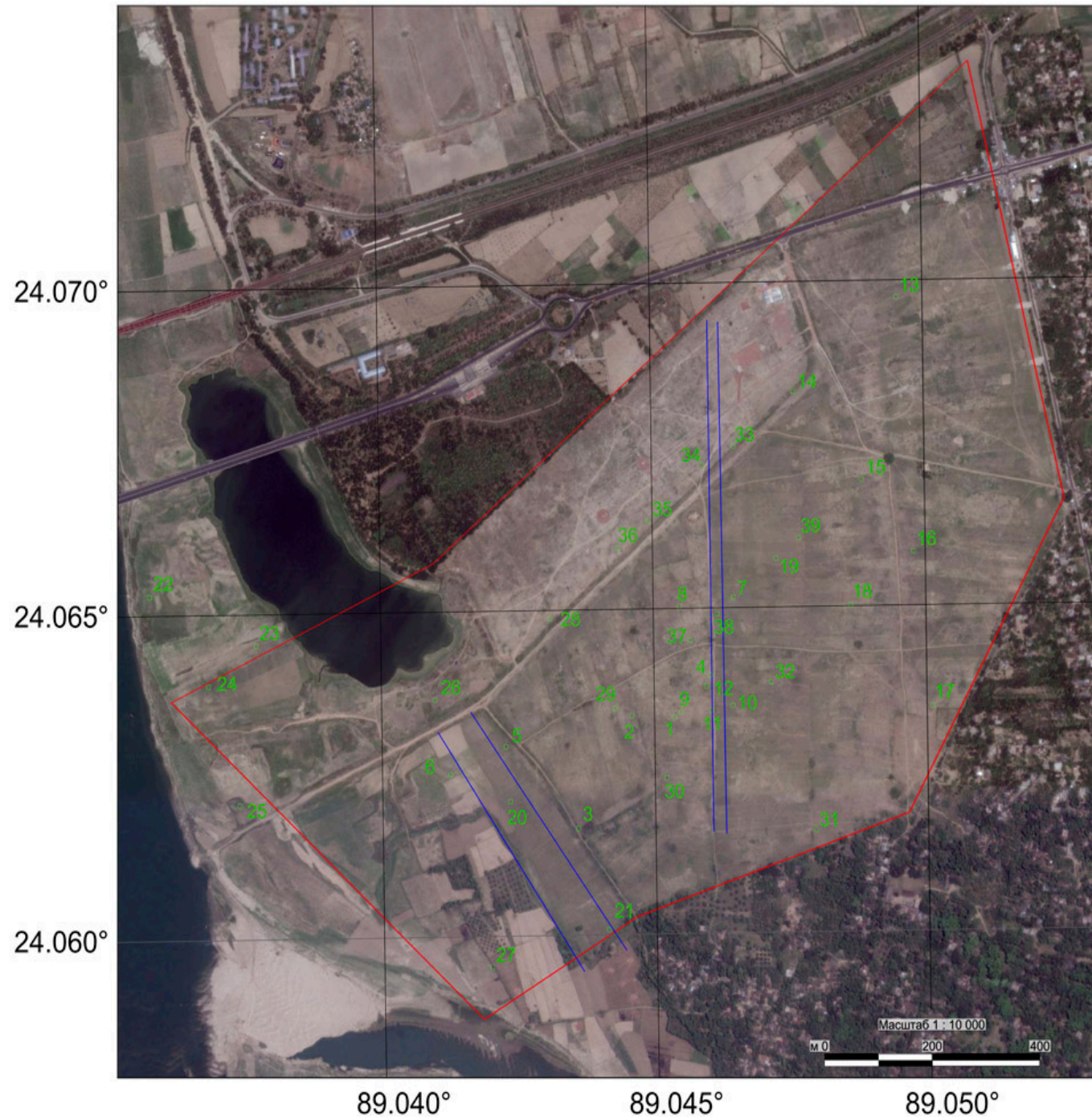
# Карта космофотоли- неаментов северо-западной части Бангладеш







Площадка  
 строительства  
 АЭС Руппур –  
 линейные  
 неоднородно-  
 сти,  
 выявленные в  
 пределах  
 площадки

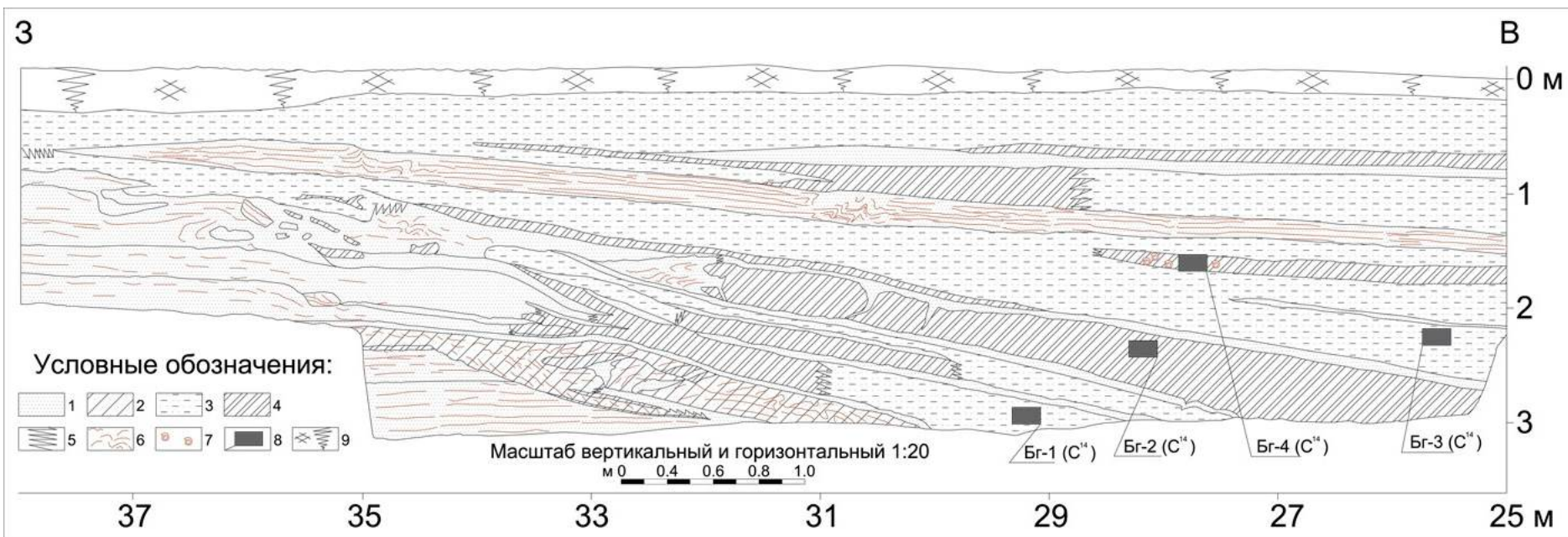
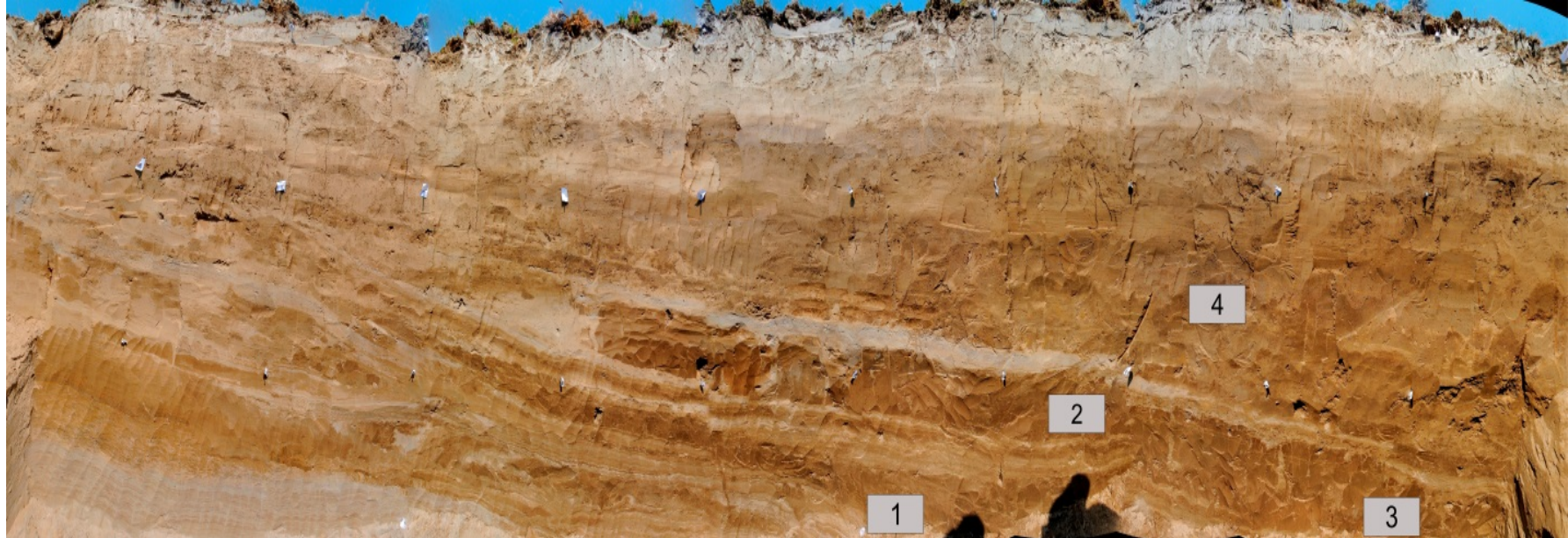




Уступ в восточной части площадки РАЭС.  
Общая протяженность линейного уступа  
составляет более 1 км.

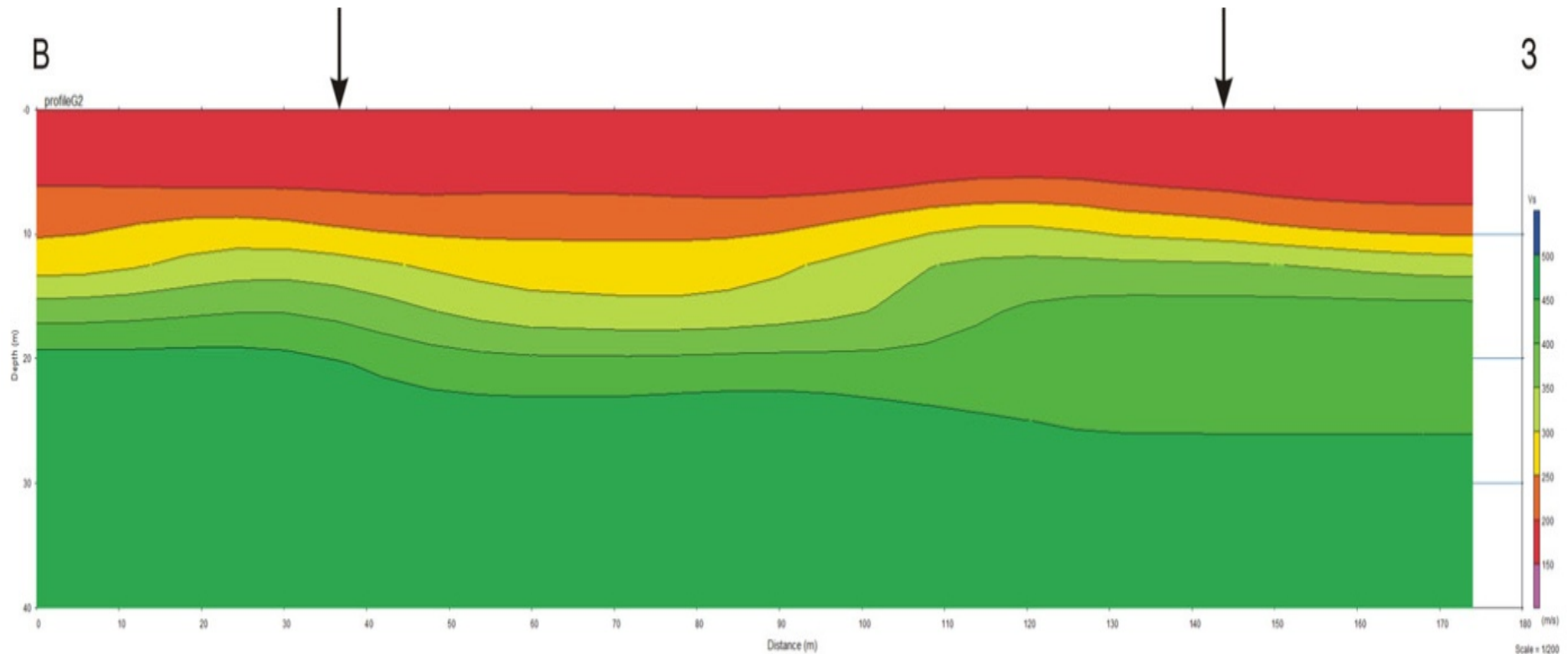






# Сейсморазведочный разрез MASW, параллельный траншее № 1.

Стрелками показано положение выработки.



Кроме изучения разреза в траншеях были проведены дополнительные исследования в шурфах. Основной целью которых было выявление следов разжижений.



На фотографиях шурфов представлен типичный разрез речных отложений, характерный для площадки строительства





В шурфах,  
пройденных  
вблизи уступа  
центральной части  
площадки  
строительства,  
также как и в  
траншеях,  
проявлены  
признаки  
структурных  
изменений в  
разрезе.





# Выводы

Проведенные сейсмологические и сейсмотектонические исследования показали:

- на сейсмоопасных площадках АЭС Бушер в Иране и Руппур в респ. Бангладеш не обнаружено признаков существования сейсмических смещений по разломам, а также следов разжижения грунта;
- примененный комплекс геолого-геоморфологических, геофизических и палеосейсмических методов достаточен для заключения об отсутствии сейсмотектонической опасности для обоих объектов атомной энергетики.
- **Спасибо за внимание!**