

**Доклад на 3-й ежегодной научно-практической конференции
СРО атомной отрасли «АтомСтройСтандарт-2016»**

**Стандартизация проектно-изыскательской деятельности –
ключевой фактор обеспечения конкурентоспособности объектов
использования атомной энергии**

Опыт проведения исследований по оценке сейсмической опасности зарубежных площадок АЭС

Рогожин Е.А., Татевосян Р.Э.

**Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН**

При проведении исследований по детальной оценке сейсмической опасности зарубежных площадок АЭС (Бушер, Аккую, Руппур), также ряда объектов на территории РФ было необходимо провести гармонизацию подходов в оценке сейсмической опасности, практикуемых в России и в остальном мире (согласно рекомендациям МАГАТЭ).

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАДЗОР РОССИИ ПО ЯДЕРНОЙ И
РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
(ГОСАТОМНАДЗОР РОССИИ)
РУКОВОДСТВА ПО БЕЗОПАСНОСТИ**

Утверждена постановлением
Госатомнадзора России
от 28 декабря 2001 г. № 16

**ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ
УЧАСТКОВ РАЗМЕЩЕНИЯ ЯДЕРНО- И
РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ НА
ОСНОВАНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ДАННЫХ
РБ-019-01**

Введена в действие
с 1 марта 2002 г.

Москва 2001

В Руководстве использован опыт работ по уточнению геодинамических и сейсмических условий размещения Калининской, Нововоронежской, Кольской АЭС и др. атомных станций.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Активный разлом - тектонический разлом, в зоне которого за четвертичный период геологического развития произошло относительное перемещение примыкающих блоков земной коры на 0,5 м и более или наблюдаются их относительные смещения со скоростями современных движений 5 мм/год и более.

Балльность - интенсивность сейсмических воздействий в баллах шкалы МЗК-64.

Геодинамические зоны - тектонические структуры, активные в четвертичном периоде геологического развития.

Землетрясение локальное - землетрясение, очаг которого расположен вблизи площадки ЯРОО (в радиусе менее 30 км).

Землетрясение местное - землетрясение, очаг которого расположен в радиусе от 30 до 300 км от площадки ЯРОО.

Землетрясение удаленное - землетрясение, очаг которого расположен на расстоянии более 300 км от площадки ЯРОО.

Литосферная плита - наиболее крупный и устойчивый сегмент литосферы.

Максимальное расчетное землетрясение - землетрясение максимальной интенсивности на площадке ЯРОО с повторяемостью один раз в 10 тыс. лет.

Проектное землетрясение - землетрясение максимальной интенсивности на площадке ЯРОО с повторяемостью один раз в тысячу лет.

Нормы МАГАТЭ по безопасности
для защиты людей и охраны окружающей среды
Руководство по безопасности
№ NS-G-2.13

Оценка сейсмической безопасности существующих ядерных
установок

СЕРИЯ НОРМ МАГАТЭ ПО БЕЗОПАСНОСТИ, № NS-G-2.13
ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
СУЩЕСТВУЮЩИХ ЯДЕРНЫХ УСТАНОВОК
МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

ВЕНА, 2014 ГОД

ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ

4.1. ...сейсмическую опасность, характерную для площадки, следует оценивать по трем основным элементам:

а) оценка геологической стабильности площадки с двумя основными целями:

i) провести проверку отсутствия серьезного сброса, который мог бы стать причиной явлений дифференциального смещения грунта под зданиями и конструкциями.

ii) проверить отсутствие явлений постоянного смещения грунта (т.е. разжижение, нестабильность откосов, оседание или обвал и т.д.).

б) определение интенсивности сейсмического движения грунта на площадке, т.е. оценка вибрационных параметров движения грунта, с учетом в полном объеме сейсмотектонических эффектов.

с) оценка других сопутствующих явлений, таких как затопление речными водами, вызванное землетрясением по причине повреждения дамбы, затопление береговых приморских зон волнами цунами и оползни.

4.2. В целом оценка сейсмической опасности может быть выполнена с использованием детерминистического или вероятностного подхода, в зависимости от целей и требований программы.

.....

4.4. ...Оценку сейсмической опасности следует выполнять в случае: а) выполнения корректировки первоначального проектного землетрясения, которое может быть пересмотрено по причине, например, новой информации о сейсмической опасности на площадке (например, вновь обнаруженный сброс), если первоначальная проектная основа признана недостаточной или ниже рекомендованного минимума (например, большее высокочастотное содержание для землетрясений в ближней зоне);

б) установления запаса сейсмической безопасности сверх первоначального проектного землетрясения и демонстрации отсутствия пороговых эффектов;

с) выполнения оценки сейсмической безопасности в соответствии с нормативными требованиями, по причине изменений в стандартах или для поддержки долгосрочной эксплуатации (то есть продления срока службы станции)...

В результате оценки сейсмической опасности определяется новая характерная для площадки сейсмическая опасность, называемая «землетрясением уточненного уровня», для использования при оценке сейсмической безопасности установки.

.....

4.8. Для методики вероятностной оценки сейсмической безопасности землетрясение уточненного уровня обозначает вероятностную сейсмическую опасность, характерную для площадки;

результаты ее оценки для площадки, включают кривые, определяющие годовую частоту превышения параметра движения грунта (например, пиковое ускорение грунта), соответствующие спектры отклика (например, равномерные спектры опасности) и характеристики основных параметров источника (например, магнитуды и расстояния до площадки).

.....

5.8. Для определения сейсмической реакции следует использовать масштабирование, анализ (детерминистический либо вероятностный) или испытания. ... Детерминистические анализы, включая условия объяснения неопределенностей в аналитических процедурах и значениях параметров, также приемлемы.

Вероятностные методы анализа являются наиболее реалистичными по причине явного учета неопределенностей в процессе.

5.21. Деревья (логические) событий и отказов должны основываться на системных моделях ... с целью учета отказов в результате землетрясения, которые не рассматриваются в случае внутреннего события.

Приобретенный в последние годы опыт проведения исследований по детальной оценке сейсмической опасности зарубежных площадок АЭС позволяет разработать новый нормативный документ – свод правил в качестве стандарта организации (СРО атомной отрасли) и принять его в качестве нормативного при проведении инженерных изысканий как за рубежом, так и на территории нашей страны.

1. Необходимо разработка геодинамической и сейсмотектонической моделей региона и ближнего района площадки. В частности, следует провести выделение и изучение линеаментов и активных разломов.

2. Необходимо провести анализ сейсмологических данных с составлением специализированного каталога землетрясений на основании инструментальных, исторических и палеосейсмических данных.

3. Желательно провести сейсмологические наблюдения сетью временных станций в регионе АЭС для мониторинга активности тектонических нарушений в течение ряда лет.

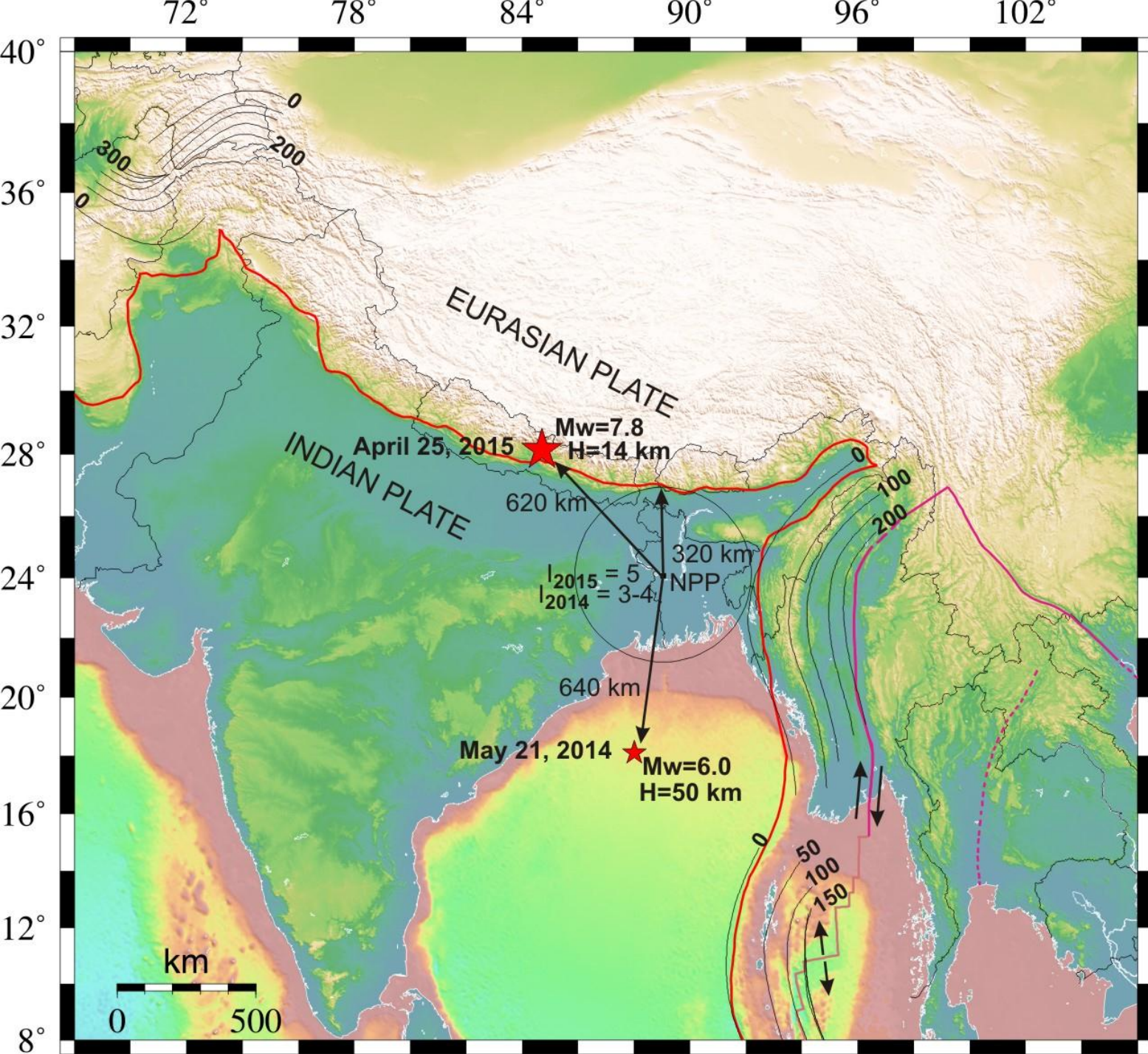
Требуется провести выделение зон возникновения очагов землетрясений (ВОЗ) и оценить их характеристики (магнитуду ожидаемых землетрясений, глубину гипоцентров, характер сейсмической подвижки).

Для определения значимости разных геодинамических, сейсмотектонических моделей и зон ВОЗ при оценке степени влияния разных источников на площадку АЭС необходимо использование концепции логического дерева.

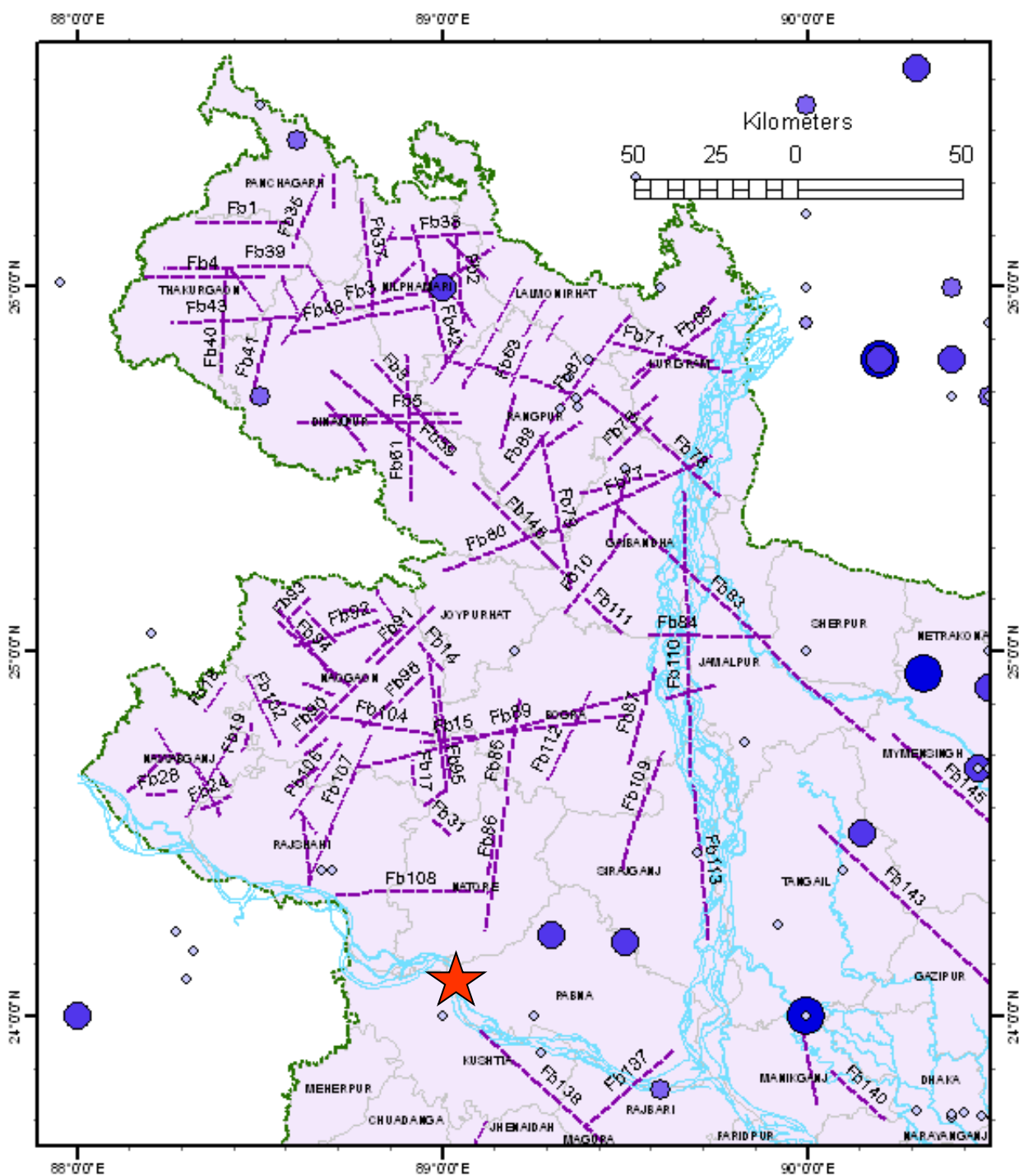
На этой основе проводится расчет сейсмических воздействий в терминах сейсмических ускорений грунта (g) и макросейсмической интенсивности сотрясений в баллах (I).

При этом оценки сейсмической интенсивности и ускорений нельзя пересчитывать друг в друга, их надо оценивать отдельно, напрямую, на основании характеристик зон ВОЗ и законов затухания.

Соответствующие исследования проведены
на площадке
Руппурской АЭС
в Бангладеш, которая по оценке
сейсмических воздействий от ПЗ
расположена в 7-балльной зоне ($PGA = 100 - 200 \text{ cm/s}^2$), от МРЗ – в 8-балльной ($PGA = 200 - 400 \text{ cm/s}^2$)



Геодина-
мическая
модель
дального
региона
РАЭС



Сейсмотекто-
ническая
модель.
Разломы и
эпицентры
исторических
землетрясе-
ний
Бангладеш

РША: Логическое дерево

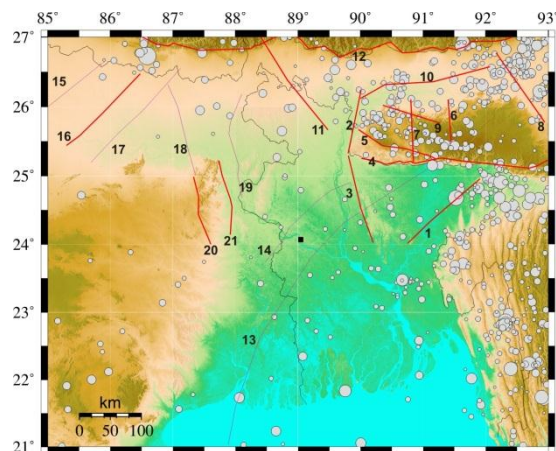
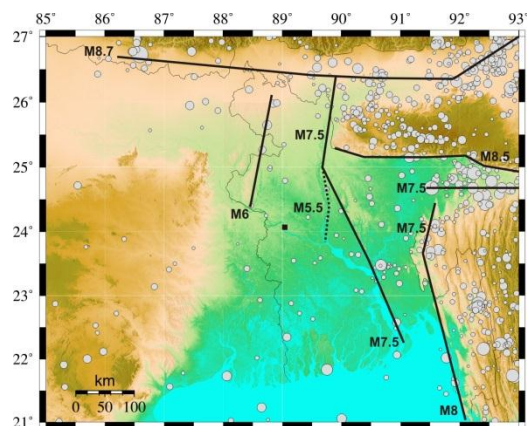
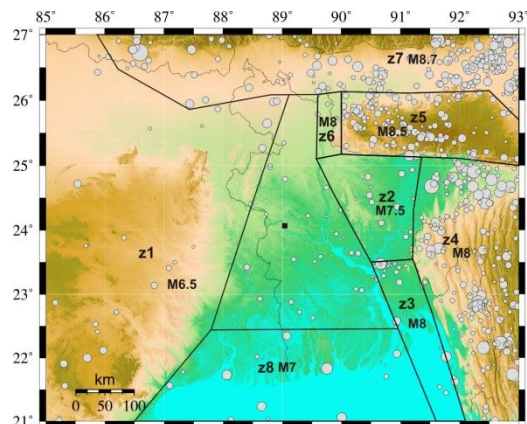
Сейсмогенерирующие

зоны

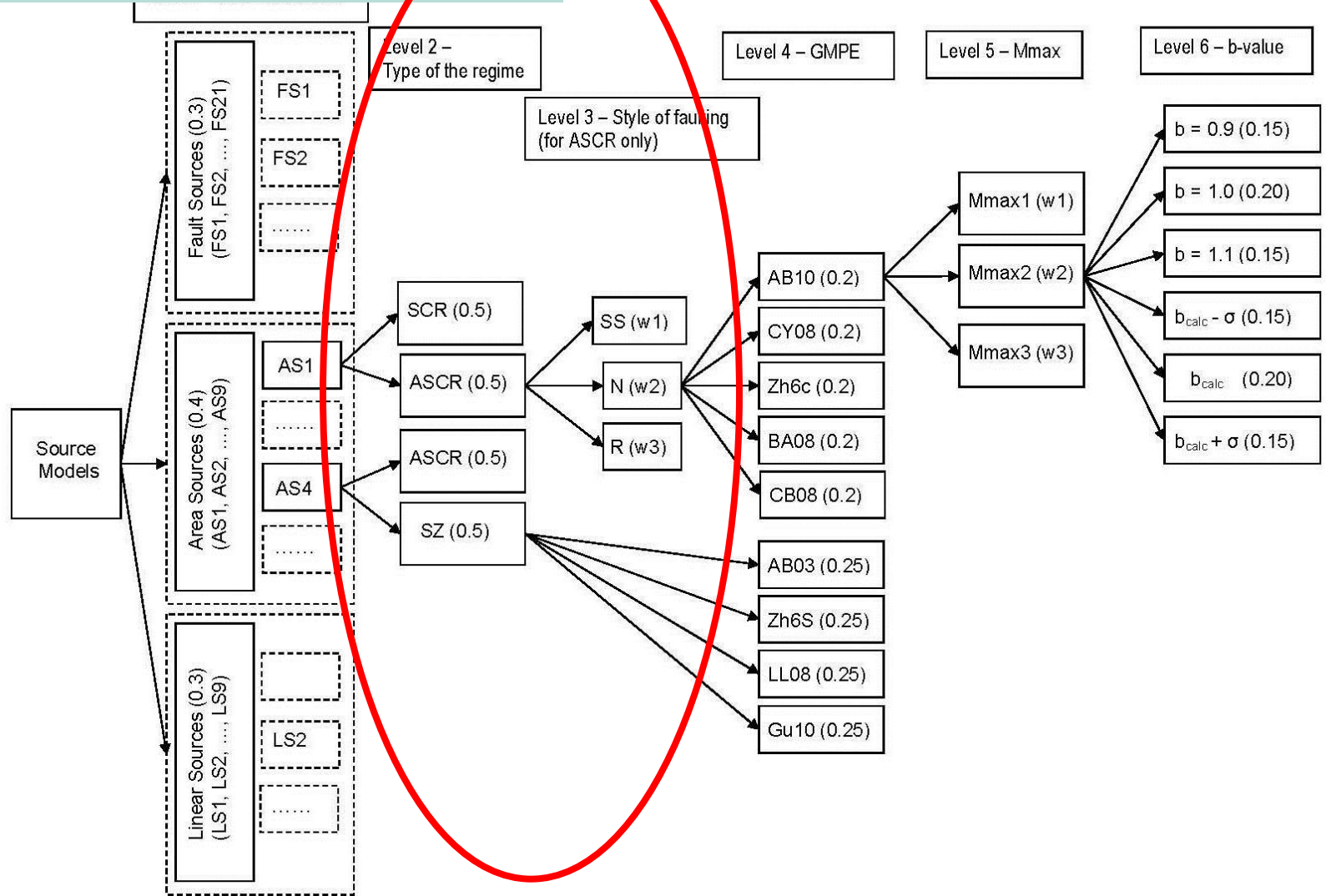
Линейные зоны
(LS1, LS2, ..., LS9) weight 0.3

Зоны разломов
(FS1, FS2, ..., FS21) weight 0.3

Сейсмогенерирующие зоны (ВОЗ) с
 $M=5.7-8.3$. Площадка РАЭС попадает
в зону диффузной сейсмичности
($M \leq 5.6$)



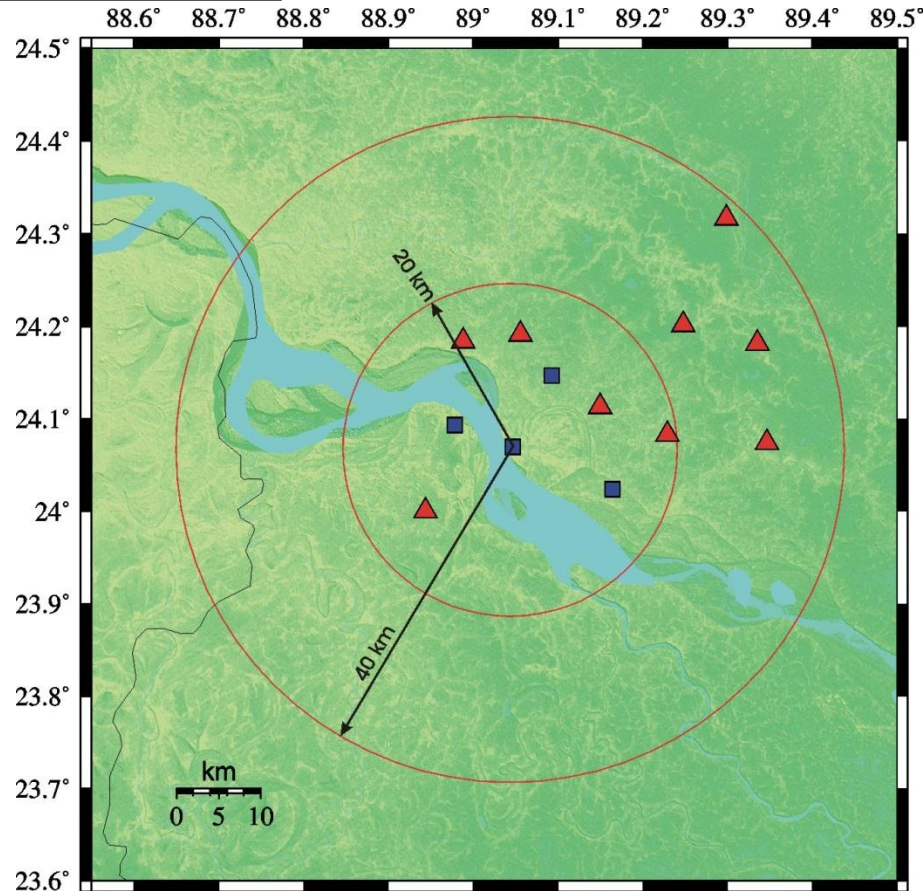
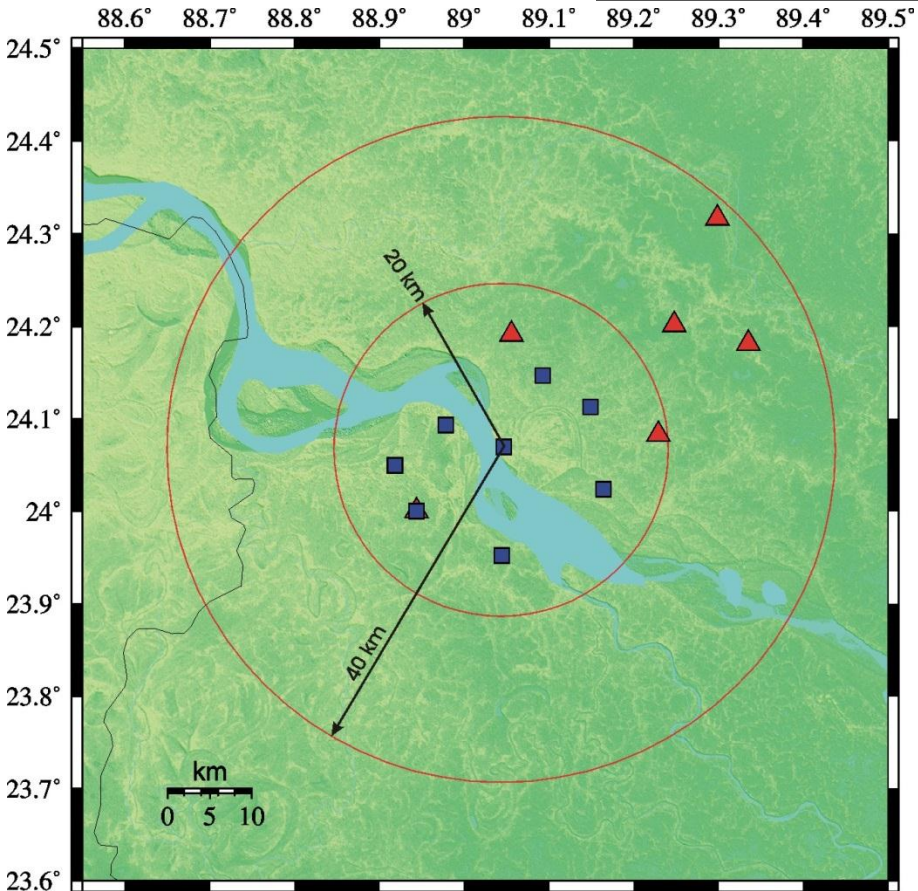
PSHA: Логическое дерево



Локальная временная сеть сейсмических станций

■ Telemetric stations

▲ Autonomous stations



Локальная временная сеть сейсмических станций (установка)

Telemetric station (ARK)

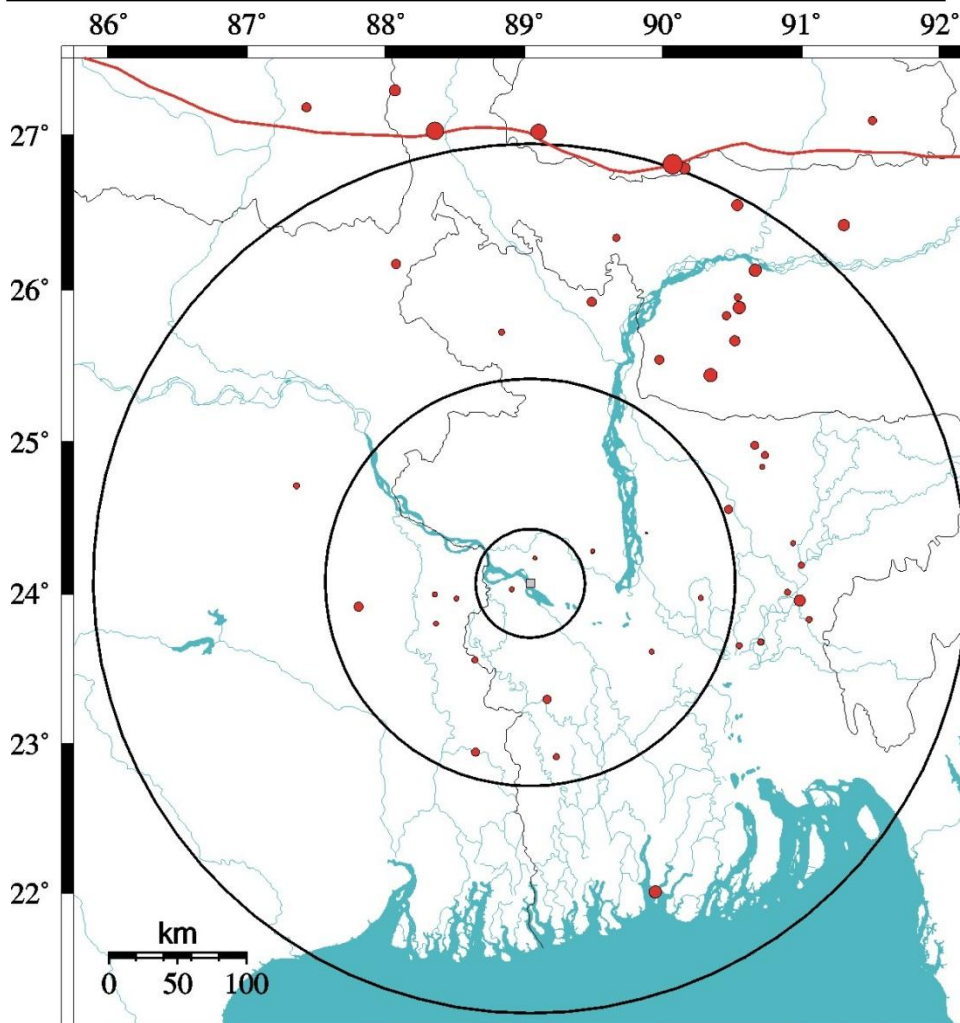


Autonomous station (CKL)

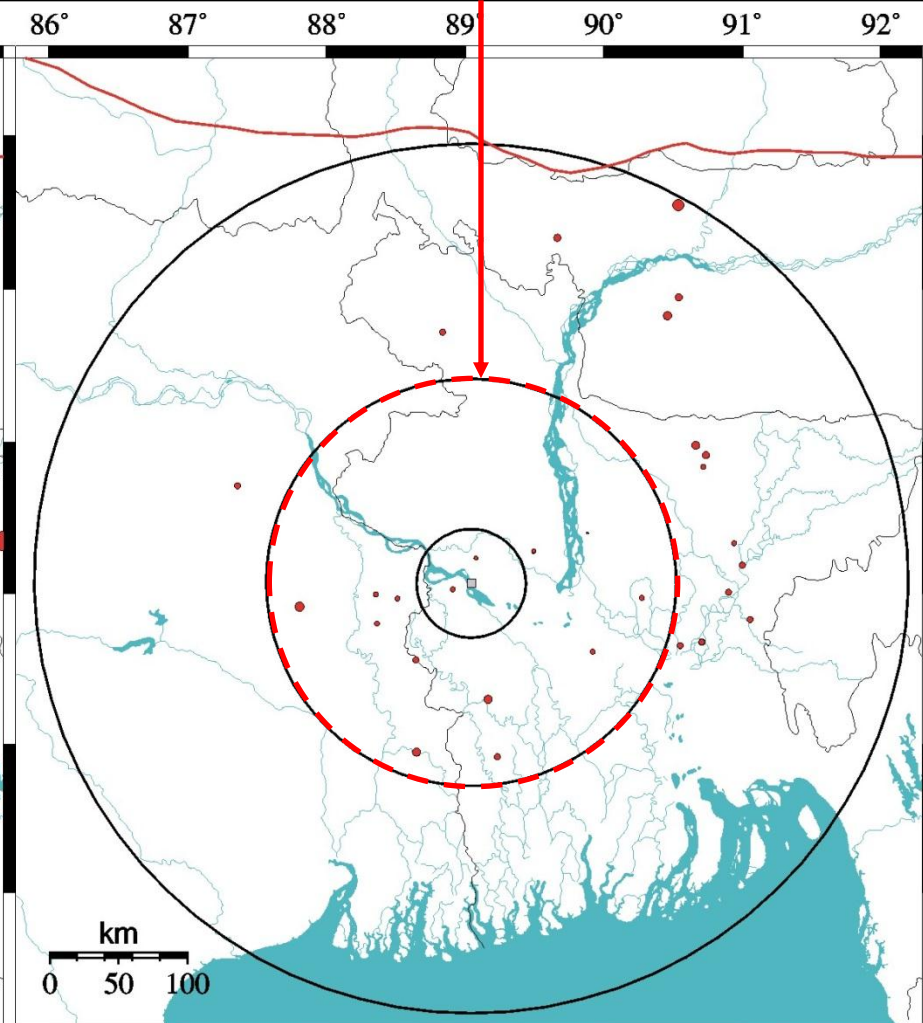


Локальная временная сеть сейсмических станций (полнота регистрации)

Local network catalogue



None is reported by any other agency

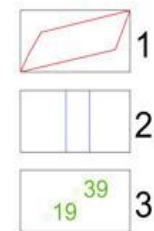


Пологий, равнинный рельеф в низкой пойме р. Ганг. На горизонте видна граница зарослей, выраженная на КС в виде линеамента

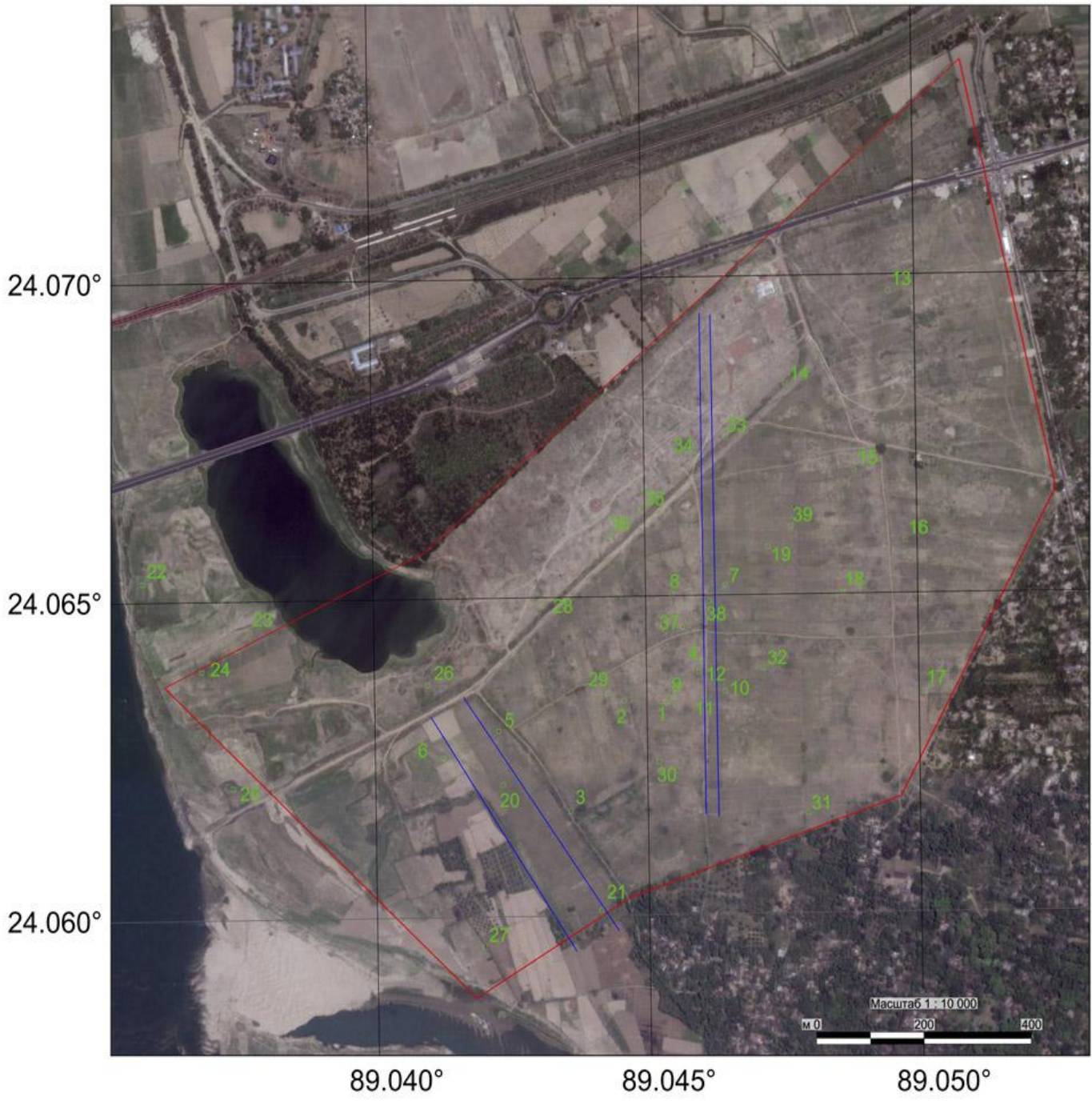


Уклоны на сельхозполях и на
асфальтированной автодороге на склонах
полого расчлененного рельефа в зоне
«Западного субмеридионального разлома»





Сейсмотектонические исследования на площадке.
 Линеаменты – голубые линии



Уступ у тропинки в центральной части площадки РАЭС. Общая протяженность линейного уступа составляет более 1 км.



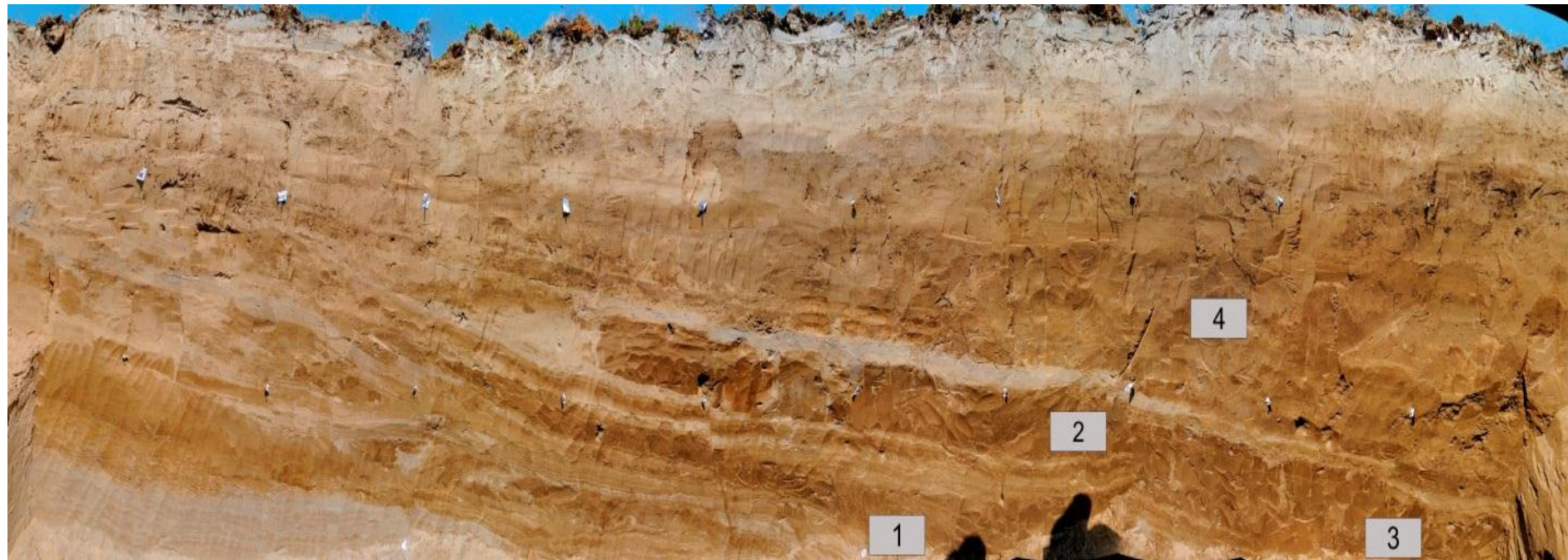
Схема расположения горных выработок



Траншея вкрест
простираня уступа

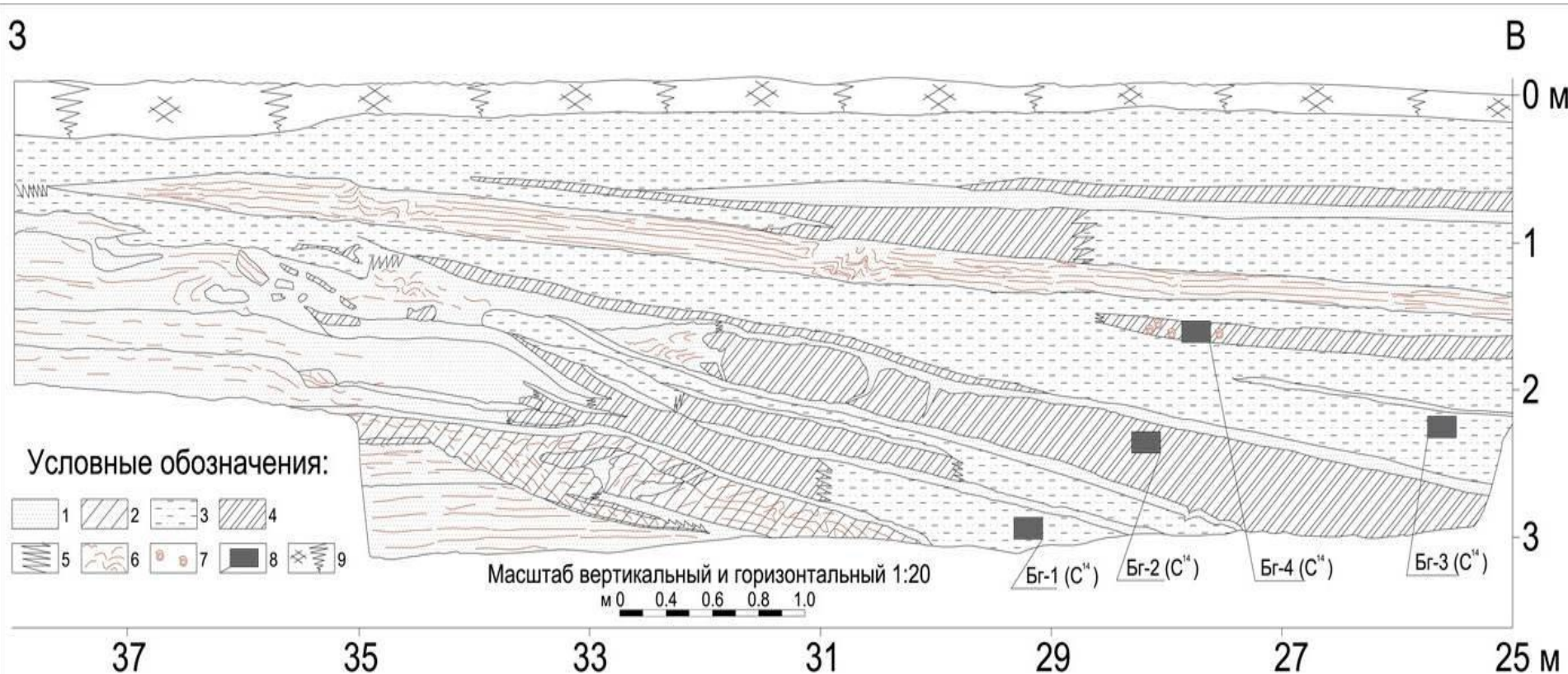


Фото северной стенки центральной части траншеи

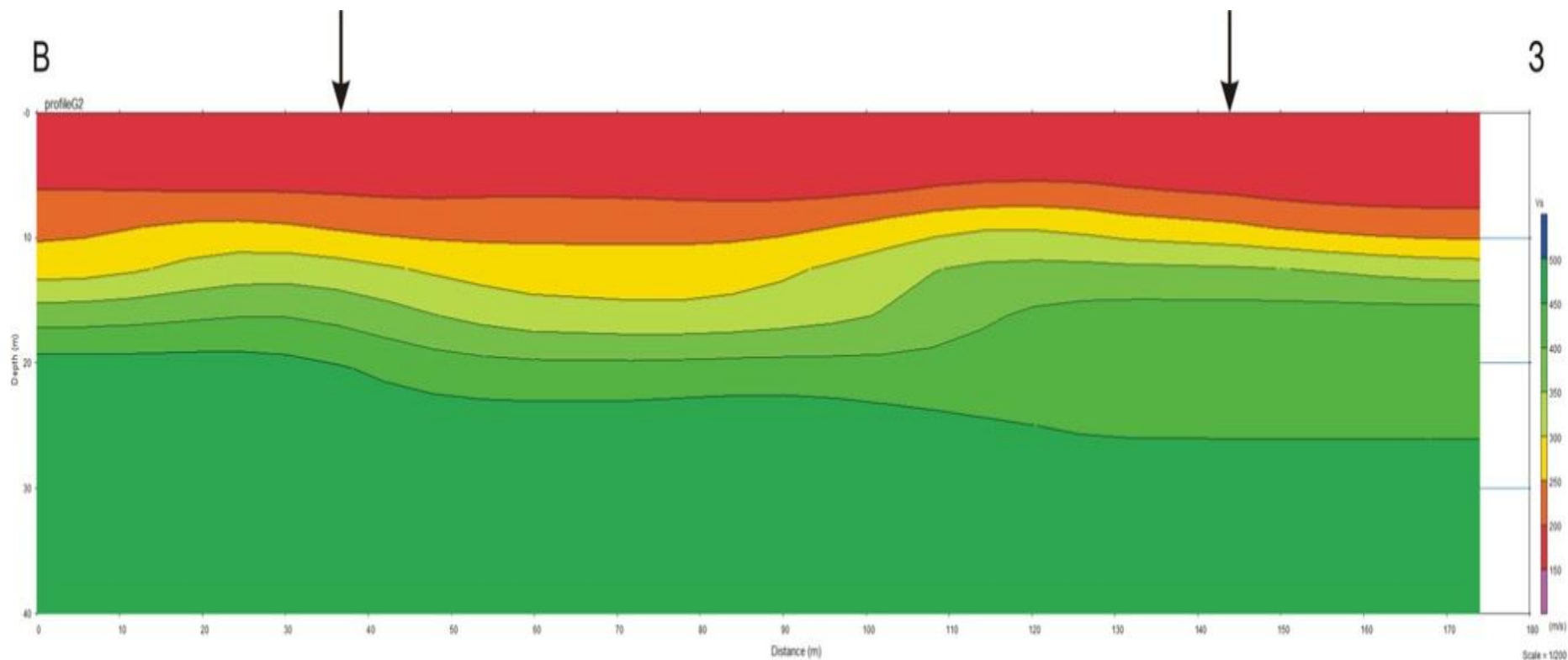


Фрагмент центральной части траншеи

1 – пески; 2 – косослоистые пески; 3 – супеси; 4 – суглинки; 5 – условные границы фациального перехода; 6 – текстура представленных на разрезе слоев; 7 – отдельные раковины брюхоногих моллюсков; 8 – места отбора образцов на датировку возраста (C^{14}) (1500-1600 ВР); 9 – дерново-почвенный горизонт



Сейсморазведочный разрез MASW, параллельный траншее. Стрелками показано положение выработки.



Документация шурфов



ВЫВОДЫ

Проведенные сейсмологические и сейсмотектонические исследования, выполненные по правилам МАГАТЭ, показали:

- на сейсмоопасной площадке Руппурской АЭС в Бангладеш не обнаружено признаков существования сейсмических смещений по разломам, а также многочисленных следов разжижения грунта;
- в регионе Руппурской АЭС нет доказательств существования активных разломов и вторичных проявлений сейсмичности;
- примененный комплекс геолого-геоморфологических и палеосейсмических методов достаточен для заключения об отсутствии сейсмической опасности для обоих объектов атомной энергетики;

- на основе приобретенного опыта исследований по оценке сейсмической опасности ряда объектов атомной энергетики представляется возможность разработать новый нормативный документ – свод правил в качестве стандарта организации (СРО атомной отрасли) и принять его в качестве нормативного при проведении инженерных изысканий как за рубежом, так и на территории нашей страны.

◆ Спасибо за
внимание!