

Россия

Открытое акционерное общество
«Атомэнергопроект»

АЭС «АККУЮ»
Блоки 1, 2, 3, 4

Предпроектные работы

Материалы для разработки
«Основополагающего отчёта о месте размещения»

Глава 6 Геология, геофизика и сейсмология

Номер пакета	—		
Номер документа	Всего листов	Дата	Ревизия
AKU.C.120.&.06&&&&.002 .YJ.0001	132	07.2012	0
Инвентарный № 44	Файл: AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ. &&&&.002.YJ. 0001=r0	Регистрационный №	

Номер контракта	—
-----------------	---



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«АТОМЭНЕРГОПРОЕКТ»

Титул	АЭС «Аккую» Блоки 1, 2, 3, 4
-------	---------------------------------

Название документа	Предпроектные работы Материалы для разработки «Основополагающего отчёта о месте размещения» Глава 6 Геология, геофизика и сейсмология
--------------------	--

Номер пакета		—		
Номер документа		Всего листов	Дата	Ревизия
AKU.C.120.&.06&&&&. &&&&.002. YJ.0001		132	07.2012	0
Инвентарный № 44	Файл: AKU.C.120.&.06&&&&. &&&& &&.002.YJ.0001=r0		Регистрационный №	

Номер контракта	—
-----------------	---

С.Л. Егоров		С.М. Тах	
Главный инженер проекта		Заместитель директора по проектированию АЭС «Белене», АЭС «Аккую»	
Дата	Подпись	Дата	Подпись
30.07.2012		30.07.2012	

Данный документ не подлежит размножению или передаче другим организациям и лицам без согласия ОАО «Атомэнергoproект»

Продолжение титульного листа

АЭС «Аккую» Блоки 1, 2, 3, 4
Предпроектные работы
Материалы для разработки
«Основополагающего отчёта о месте размещения»
Глава 6 Геология, геофизика и сейсмология
AKU.C.120.&.06&&&&. &&&&&.002.YJ.0001
Ревизия 0

Главный инженер генерального проектировщика по инженерным изысканиям

В.Н. Погребняк

Начальник БКИИ

А.Э. Петросян

Главный инженер БКИИ

С.А. Исмаилов

Начальник КО БКИИ

А.Н. Курсин

Начальник группы БКИИ

С.Ф. Алтикаев

Проверил
ГГО БКИИ

А.П. Сергеев

Проверил
Начальник группы

Б.В. Колесников

Инженер

С.Л. Вылобкова

Нормоконтролер

И.Л. Киреева

ОАО «Атомэнергoproject»	
Единый технический архив	
Инв. №	44
Дата	04.08.2012



СОДЕРЖАНИЕ

Состав «Основополагающего отчёта о месте размещения».....	7
Перечень принятых сокращений.....	8
6 Геология, геофизика и сейсмология.....	6-1
6.1 Региональные исследования	6-1
6.2 Исследования районов, прилегающих к площадке.....	6-16
6.3 Исследования площадки.....	6-25
6.4 Сейсмологическая информация.....	6-59
6.5 Подвижки грунта для проектных основ.....	6-83
6.6 Активность разломов на поверхности	6-94
6.7 Разжижение.....	6-95
6.8 Устойчивость естественных склонов.....	6-95
Список литературы.....	6-97
Приложение Е Геологическая карта масштаба 1:25000	E-1
Приложение F Геологическая карта масштаба 1:5000.....	F-1
Приложение G Геологические разрезы к гидрогеологической карте масштаба 1:25000	G-1
Приложение H Стратиграфическая колонка западной части южного региона.....	H-1
Приложение J Гидрогеологическая карта масштаба 1:25000	J-1
Приложение K Геологическая карта масштаба 1:2000 и разрезы	K-1
Приложение L Результаты инструментальных исследований микроземлетрясений	L-1
Приложение M Каталоги исторических землетрясений.....	M-1
Приложение N Координаты зон воз и другие характеристики PSHA/DSHA.....	N-1

Список рисунков

Рисунок 6-1.1 – Обзорная тектоническая карта Турции.....	6-2
Рисунок 6-1.2 – Упрощенная геологическая карта основных тектонических комплексов центрального Таврического пояса вокруг площадки АЭС «Аккую».....	6-3
Рисунок 6-2.1 – Цифровая высотная модель водораздела территории площадки АЭС «Аккую».....	6-16
Рисунок 6-2.2 – Карта уклона водораздела территории площадки АЭС «Аккую»	6-17
Рисунок 6-2.3 – Пример деформации отложений пачки Db7 формации B���keseli	6-18
Рисунок 6-2.4 – Фотография искусственного откоса южного склона холма Inceburun ...	6-19
Рисунок 6-2.5 – Фотография сброса, наблюдаемого на дороге между заливами Akkuu и Samalani	6-21
Рисунок 6-3.2 – Распределение модуля деформации в зависимости от высотной отметки.....	6-38
Рисунок 6-3.3 – Аномальные участки профилей, выделенные по результатам комплексных геофизических исследований.....	6-54
Рисунок 6-3.4 – Карта магнитных аномалий	6-57
Рисунок 6-3.5 – Передаточные функции (реакция участков), полученные методом Накамуры, по записям микросейсм на станции АКК1 (слева) и АКК2 (справа).....	6-58
Рисунок 6-4.1 – Карта эпицентров сильных землетрясений района	6-59
Рисунок 6-4.2 – Карта изосейст землетрясения 17:00:48,5 22 октября 1952 года близ г. Адана; координаты эпицентра: 37,25° с.ш. и 35,65° в.д.; глубина	

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	3



70 км; магнитуда $M_S=5,6$; интенсивность в эпицентре 7 баллов, приводится по [23]	6-61
Рисунок 6-4.3 – Карта изосейст землетрясения 22 ноября 1963 года близ г. Бурдур; координаты эпицентра: $38,07^\circ$ ($37,41^\circ$) с.ш. и $29,68^\circ$ ($29,89^\circ$) в.д.; глубина 60 км; магнитуда $M_S=5,1$ ($5,7$); интенсивность в эпицентре 7 баллов, приводится по [23].....	6-62
Рисунок 6-4.4 – Карта изосейст землетрясения 21:02 28 марта 1970 года близ г. Гедиз; координаты эпицентра: $39,21^\circ$ с.ш. и $29,51^\circ$ в.д.; глубина 18 км; магнитуда $M_S=7,3$; интенсивность в эпицентре 9 баллов, приводится по [23]	6-62
Рисунок 6-4.5 – Карта изосейст землетрясения 03:35 5 мая 1986 года близ Malatya-Surgu; координаты эпицентра: $38,02^\circ$ с.ш. и $37,79^\circ$ в.д.; глубина 4 км; магнитуда $M_S=6,0$; интенсивность в эпицентре 7 баллов, приводится по [23]	6-63
Рисунок 6-4.6 – Сейсмические станции, эксплуатируемые BU KOERI и DEMP	6-64
Рисунок 6-4.7 – Соотношение между магнитудами M_s и m_b по данным ISC (323 определения); зелёная линия – для интервала магнитуд m_b не выше 4,5 (формула 6-4.7); фиолетовая линия соответствует соотношению (6.4.4), синяя – (6.4.5), красная – (6.4.6).....	6-67
Рисунок 6-4.8 – Соотношение между магнитудами M_L и m_b по всем определениям базы данных (995 определений); для сравнения показана прямая с наклоном 1,0	6-67
Рисунок 6-4.9 – Соотношение между магнитудами M_D и m_b по всем определениям базы данных (212 определений); для сравнения показана прямая с наклоном 1,0	6-68
Рисунок 6-4.10 – Карта эпицентров по итоговому каталогу – 26728 землетрясений (размер кружка пропорционален магнитуде); крестики – землетрясения без оценки магнитуды; показана 300 км окружность с центром на площадке (черный квадрат)	6-69
Рисунок 6-4.11 – Распределение магнитуд с глубиной.....	6-70
Рисунок 6-4.12 – Сейсмичность района АЭС «Аккую» с 1900 по 2010 годы	6-71
Рисунок 6-4.13 – Интеграция результатов определения эпицентров землетрясений по данным инструментальных наблюдений экспедиционного типа и данным, полученным национальными стационарными сетями сейсмических станций [20]	6-75
Рисунок 6-4.14 – Сейсмические события, обнаруженные в период с 1 июля по 31 октября 2011 года в пределах радиуса 50 км от площадки АЭС	6-76
Рисунок 6-4.15 – Модель 4 сеймотектонического районирования и зон ВОЗ для региона; показаны эпицентры инструментального (кружки) и исторического (ромбы) периодов; схема разломов (коричневые линии) показана по материалам [20]; синие линии – основные тектонические элементы по [38].....	6-78
Рисунок 6-4.16 – График повторяемости для всей рассматриваемой территории.....	6-79
Рисунок 6-4.17 – График повторяемости для рассеянной компоненты сейсмичности (вне выделенных зон ВОЗ).....	6-80
Рисунок 6-4.18 – График повторяемости землетрясений в выделенных зонах ВОЗ	6-80
Рисунок 6-4.19 – График индекса Моришиты для сейсмичности территории	6-81

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	4



Рисунок 6-4.20 – Сейсмичность района с разделением на сосредоточенную (слева) и рассеянную (справа) компоненты	6-82
Рисунок 6-5.1 – Логическое дерево для анализа и учета эпистемической неопределенности при PSHA в терминах ускорений (ИФЗ РАН)	6-90
Рисунок 6-5.2 – Логическое дерево для анализа и учета эпистемической неопределенности при DSHA (и PSHA) в терминах ускорений (WP).....	6-92
Рисунок 6-6.1 – Карта поверхностных разрывов по данным [72] за весь период времени.....	6-95

Список таблиц

Таблица 6-3.1 – Основные геотехнические характеристики и физико-механические свойства выделенных слоев	6-34
Таблица 6-3.2 – Процентное распределение значений RQD для литологических разностей.....	6-35
Таблица 6-3.3 – Модуль упругости (Menard) для литологических разностей грунтов	6-37
Таблица 6-3.4 – Результаты лабораторных исследований.....	6-39
Таблица 6-3.5 – Характеристика геологического основания по продольным скоростям по результатам второго этапа изысканий.....	6-40
Таблица 6-3.6 – Характеристика геологического основания по скоростям упругих волн по результатам изысканий третьего этапа.....	6-41
Таблица 6-3.7 – Обобщенная трехслойная сейсмическая модель геологического основания	6-41
Таблица 6-3.8 – Динамические модули сдвига для 2 и 3 слоев	6-42
Таблица 6-3.9 – Статические модули продольной упругости.....	6-42
Таблица 6-3.10 – Характеристика скального основания по сейсмическим свойствам по результатам полевых испытаний межскважинным просвечиванием в основании первого блока на втором этапе изысканий	6-43
Таблица 6-3.11 – Динамические характеристики скального основания	6-44
Таблица 6-3.12 – Динамические характеристики скального основания по результатам межскважинного просвечивания 1986 года.....	6-45
Таблица 6-3.13 – Классификация грунтов согласно Eurocode 8	6-49
Таблица 6-4.1 – Периоды полноты каталога WP для исторических землетрясений	6-60
Таблица 6-4.2 – Периоды полноты каталога Rizzo для землетрясений разных магнитуд.....	6-61
Таблица 6-4.3 – Источники глобального уровня – международные агентства и межрегиональные центры	6-64
Таблица 6-4.4 – Источники регионального уровня – национальные агентства	6-65
Таблица 6-4.5 – Сильные землетрясения (1900-2010 годы, $M_w \geq 6,0$), зарегистрированные на территории в радиусе до 365 км площадки АЭС «Аккую» [29]	6-72
Таблица 6-4.6 – Год полноты в каталоге Rizzo для инструментального периода.....	6-73
Таблица 6-4.7 – Год полноты каталога WP (для инструментального периода)	6-73
Таблица 6-4.8 – Максимальная магнитуда землетрясений для сеймотектонических регионов в Модели 4.....	6-78

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	5



Таблица 6-5.1 – Проектные параметры землетрясения на площадке АЭС Аккую (МРЗ, период повторяемости $T=10000$ лет, детерминистский подход)	6-84
Таблица 6-5.2 – Проектные параметры землетрясения на площадке АЭС Аккую (ПЗ, период повторяемости $T=500$ лет, детерминистский подход)	6-84
Таблица 6-5.3 – Значения пиковых ускорений, скоростей и смещений для проектных событий МРЗ и ПЗ	6-85
Таблица 6-5.4 – Коэффициенты, предложенные в [59] для уравнения прогноза интенсивности сотрясений	6-88
Таблица 6-5.5 – Логическое дерево для расчета ускорений колебаний грунта	6-88
Таблица 6-5.6 – Логическое дерево для расчета значений интенсивности	6-89
Таблица 6-5.7 – Параметры доминирующих землетрясений по Rizzo	6-94

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6



СОСТАВ «ОСНОВОПОЛАГАЮЩЕГО ОТЧЁТА О МЕСТЕ РАЗМЕЩЕНИЯ»

Глава 1 Введение

Глава 2 География и население

Глава 3 Промышленные сооружения и деятельность вокруг площадки

Глава 4 Метеорология

Глава 5 Гидрология

Глава 6 Геология, геофизика и сейсмология

Глава 7 Влияние на станцию экологической обстановки

Глава 8 Антропогенные внешние события

Глава 9 Радиационное воздействие станции

Глава 10 План действий в чрезвычайной ситуации

Глава 11 Электрическая система

Глава 12 Программы

Глава 13 Дополнительная информация

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	7



ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЭС	– атомная электрическая станция
ВОЗ	– возможные очаги землетрясений
ВЭЗ	– вертикальное электрическое зондирование
ИФЗ РАН	– институт физики земли им. о.ю. шмидта российской академии наук
МАГАТЭ	– международное агенство по атомной энергии
МРЗ	– максимальное расчётное землетрясение
ПЗ	– проектное землетрясение
УГВ	– уровень грунтовых вод
УЭС	– удельное электрическое сопротивление
ММ (MMI)	– шкала сейсмической интенсивности меркалли модифицированная
MSK-64	– шкала сейсмической интенсивности медведева-шпонхойера-карника
МТА	– ближневосточный технический университет
NGA	– проект по разработке уравнений прогноза сейсмических колебаний нового поколения
SHA	– анализ сейсмической опасности

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	8



6 ГЕОЛОГИЯ, ГЕОФИЗИКА И СЕЙСМОЛОГИЯ

6.1 РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Региональная геология

Площадка АЭС «Аккую» расположена на расстоянии около 50 км на юго-запад от г. Силифке и лежит на южно-центральной части Центрального Таурского (Taurus) пояса который ограничен двумя тектоническими зонами: разломом Есеміш на востоке и тектоническим покровом Хадим (Hadim) на западе. С севера он ограничен Внутренним Таурским поясом (рисунок 6-1.1).

Центральный Таурский пояс можно подразделить на следующие структурные этажи:

- автохтонная и паравтохтонная платформа карбонатов и обломочных пород;
- аллохтонные и офиолитовые породы меланжа.

Автохтонные и паравтохтонные горные породы залегают между Силифке и Анамур, и на севере обширно перекрыты пост-тектоническими морскими средне-верхними миоценовыми (15 миллионов лет) образованиями. Восточнее Анамура, они надвигаются на метаморфические породы массива Аланья и его палеоцен-эоценовый покров вдоль северо-западного – юго-западного направления тектонического покрова Хадим. Это важное тектоническое событие произошло во время верхнего Эоцена (40 миллионов лет).

Покров Hadim, возможно, продолжается в восточном направлении под Средиземным морем, соединяясь с разломом Есеміш юго-западного простирания, который является одним из важных левых горизонтальных сдвигов, который происходил в верхнем эоцене. Поэтому, массив Аланья может считаться западным выступом массива Битлис в юго-восточной части Турции.

В Центральном Таурском поясе между Силифке и Анамур выделены три геотектонические области; а именно, южная, средняя и северная. Дифференциация этих областей началась в раннюю палеозойскую эру и усилилась в течение триасового периода.

Первый этап складкообразования произошел в поздний пермский период. Второй этап сопровождался надвигом, который произошел в средне-поздний триасовый период (Эокимерийское горообразование). Во время юрского и мелового периодов карбонатные отложения платформы покрыли все три геотектонические области, несогласно залегая на всех более древних отложениях. Воздействия среднего и позднего альпийских движений (Ларамийская и Пиренейская фазы) происходили в основном в средней и северной областях, что было подтверждено наличием на севере офиолитов. Молассовый бассейн развивался в среднем и северном геотектонических областях, где осаждались нижние миоценовые отложения. Морские известняки среднего миоцена пологозалегающие и не являются тектоническими, и представляют собой плоскую поверхность.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-1



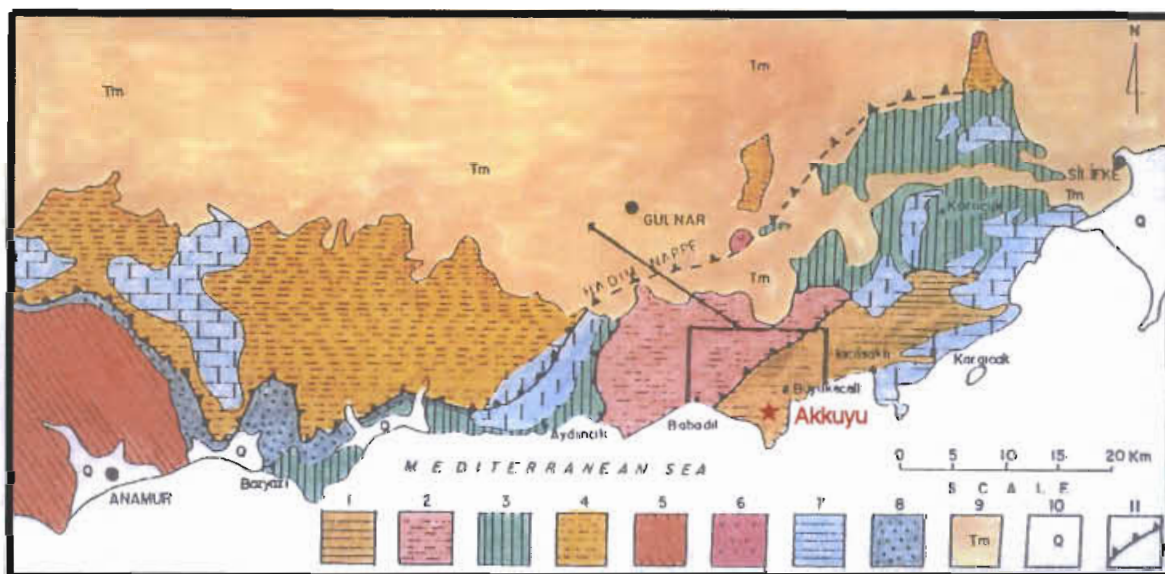
НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-2



Орогенные процессы на всём Центральном Таурском поясе, включая сейсмотектоническую провинцию Аккую, завершились перед миоценом. Общее поднятие произошло в конце миоцена.

Свидетельств современных тектонических образований и активных разрывных нарушений (разломов) в регионе по результатам проведенных исследований не обнаружено.

На рисунке 6-1.2 представлена упрощенная геологическая карта основных тектонических комплексов центрального Таурского пояса вокруг площадки АЭС «Аккую».



1 – южная зона, 2 – промежуточная зона, 3 – северная зона, 4- комплекс Aladağ (Hadım Nappe), 5- массив Алаи, 6- офиолиты, 7- карбонаты платформы юрского – мелового периода, 8- олистостромы палеоцена - эоцена, 9- морской миоцен, 10 - четвертичные отложения, 11- взброс (Demirtaşlı & Genç, 1986)

Рисунок 6-1.2 – Упрощенная геологическая карта основных тектонических комплексов центрального Таврического пояса вокруг площадки АЭС «Аккую»

Южный регион

Южный регион включает прибрежную зону между Силифке и Ovacık, где отложения от кембрия до миоцена представлены неметаморфическими осадочными породами.

Важные стратиграфические несогласия в южном регионе:

- угловое стратиграфическое несогласие верхнего девона;
- угловое стратиграфическое несогласие верхнего пермского периода;
- угловое стратиграфическое несогласие нижней юры;
- угловое стратиграфическое несогласие раннего миоцена.

Каменноугольные и нижние пермские отложения отсутствуют в регионе из-за раннего герцинского орогенеза.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ДИПЛОМА
-	-	07.2012	0	6-3



Триасовая система представлена морскими отложениями, в отличие от континентального триасового периода среднего региона. Существует переход от верхнепермских к нижним триасовым отложениям в восточной части южного региона, тогда как в западной части, в районе Аккую, отложения верхнего триасового периода (формация Kuşuvasitepe) несогласно залегает на отложениях верхней перми.

Важный пологий надвиг произошел в конце триаса, с севера на юг формации средней области надвинулись на породы южного региона.

Этот пологий надвиг был результатом раннего Альпийского орогенеза, повлиявшего на все геотектонические области в центральном Таурском поясе.

После сильной складчатости и пологого надвига раннего Альпийского орогенеза, южный регион был покрыт карбонатными платформенными отложениями юрского-мелового возраста. Они должны быть размыты в западной части Аккую в связи с поздним альпийским поднятием и возможно, эрозия происходила и до трансгрессии в миоцене. Известняк среднего миоцена (формация Silifke) несогласно перекрывает все более древние породы в южном регионе. Региональное поднятие произошло в конце миоцена и плиоцена, и вызвало начало поднятия и опрокидывания морских миоценовых отложений. В течение плейстоцена-голоцена отлагались конусы выноса. Остатки древних морских террас можно увидеть на побережье вокруг Аккую, на 10...15 м выше, чем современный уровень моря, и это указывает на колебания уровня моря в четвертичном периоде.

Современные четвертичные аллювиальные отложения перекрывают древние конусы выноса. Береговые отложения и галечники формируются сегодня на побережье южного региона. Ни одни из этих четвертичных отложений не были подвержены разрывным нарушениям.

Средний регион

Средний регион лежит к северу от южного региона, будучи полого надвинутый с севера на юг. Он состоит из мощной толщи переслаивания отложений нижнего и среднего кембрия, которые представлены известняками, сланцами и внутриформационными конгломератами (формация Sipahili). Эта формация согласно перекрывается маломощными палеозойскими чередованиями, возрастом от позднего кембрия до позднего девона (Babadil группы). Формация (Babadil Group) не была описана и отделена, так как она очень маломощная и трудно дифференцируемая в полевых условиях.

Верхний кембрий представлен красным кварцитовыми песчаниками и алевролитами, похожими на отложения формации Ovacık.

Силур представлен граптолитовыми сланцами, очень похожими на их аналоги в прибрежной зоне (Ovacık и формация Hırmanlı).

Девон представлен чередованием известняков, сланцев и кварцитов, которые литологически подобны формациям Kaşar и Sığircık. Найденные брахиоподы и кораллы указывают на поздний девонский возраст верхней части группы Babadil.

Возможные несогласия могут существовать между отложениями этих групп. В регионе локально распространены маломощные известняки нижнего карбона и кварциты из Kogucuk формации.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-4



Известняки верхнепермского возраста (формация Kirtıldağı) несогласно залегают на Babadıl группе, и над ними несогласно залегают красные песчаники, сланцы и конгломераты верхнего триаса (формация Murtçukuru). Формации Dibekli (ранний юрский период) и Tokmar (верхний юрский – нижний меловой период) с сильным несогласием залегают на Sipahılı формации и Babadıl группе.

В центральной части среднего региона в Терекöу конгломераты предположительно раннего миоценового возраста немного наклонены. Бассейн молассовой депрессии был сформирован в среднем и северном регионах в раннем Миоцене, где накапливались пресноводные и лагунные, частично угленосные отложения (формация Çavuşlar). Они имеют структуры резкого спада, турбидитовые стоки и разломы, которые могли бы иметь конседиментационное происхождение. Над формацией Çavuşlar несогласно горизонтально залегает морской известняк средне миоценового возраста (формация Silifke). Формация Silifke была подвержена небольшими по масштабу разломами. Четвертичные отложения в средней области не были затронуты разломами.

Пологий надвиг северного региона на средний, возможно, произошел перед трансгрессией верхнего пермского периода (Djulfian). Отложение известняка произошло до образования формации Kirtıldağı, так как он несогласно лежит на более древних формациях этих двух тектонических регионов. Однако это перемещение «герцинид» было в значительной степени незаметным на фоне последующих проявлений Альпийских тектонизма и пологого надвига.

В Палеозое развитие северного региона несколько походит на развитие прибрежного района до каменноугольного периода. Как отмечалось ранее, более ранние каменноугольные отложения так не были развиты в южном и среднем регионах, как они были развиты в северном регионе.

Лучшие обнажения отложений каменноугольного периода в северном регионе можно увидеть вокруг Kocusık и деревни İmamuşağı около Силифке. Поздний пермский период представлен известняками с тонкими включениями кварцита. В регионе не представлены отложения Триаса, а карбонатные отложения юрского возраста несогласно залегают на более древних формациях.

«Дикий флиш» позднего мелового периода, содержащий олистостромы и олистолиты палеозойских пород, согласно залегает на юрских – меловых платформенных карбонатных породах. Офиолиты перемещались по этому «дикому флишу» в позднемаастрихтский-раннепалеоценовый период, тогда как осадконакопление карбонатов продолжалось на платформе южного региона, где был отложен известняк Hayvandağı мелового-палеоценового возраста. Это убедительно доказывает, что породы офиолитового меланжа залегают над «диким флишем» северного региона и переместились с севера.

Стратиграфия

Площадка АЭС «Аккую» расположена в южной геотектонической области. Геологическая карта масштаба 1:25000 приведена в приложении Е. Геологическая карта масштаба 1:5000 приведена в приложении F. Геологические разрезы представлены в приложении G. Стратиграфическая колонка западной части южного региона представлена в приложении H.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-5



Описание геологического строения от кембрийской системы до четвертичных отложений представлено ниже.

Кембрийская система

Нижний отдел

Формация Naciishakli

В нижней части разреза формация Naciishakli представлена разовыми, косослоистыми кварцитами. Средняя часть сложена розовыми, зеленоватыми алевролитами средней слоистости, с ожелезнёнными прожилками. Верх формации представлен белыми косослоистыми кварцитами.

Мощность отложений формация Naciishakli составляет 100 м.

Средний отдел

Формация Ovacikişikli

Формация представлена темно-серой с останками трилобитов и розовой карбонатной илистой породой (wackestone). Мощность формации составляет 75 м.

Верхний отдел

Формация Ovacık

Отложения формации Ovacık выходят на поверхность к северу от поселка Naciishakli, который находится в южной части залива Ovacık и в 15 км восточнее площадки АЭС «Аккую». Формация Ovacık разделена на три пачки. Нижняя и средняя пачки формации по возрасту отнесены к верхнему отделу кембрийской системы, верхняя пачка - к ордовикской системе.

Нижняя пачка формации включает в себя прослои окрашенного в розовый цвет желвакообразного глинистого известняка и желтовато-коричневого до зеленого алевролита и алевролитистого мелкозернистого слоистого глинистого сланца. Алевролитистые мелкозернистые слоистые глинистые сланцы содержат небольшие беззамковые брахиоподы, которые принадлежат к семейству, указывающему на кембрийско-ордовикский период.

Обнаружение конодонтов в прослоях розового желвакообразного известняка и небольших брахиопод указывает на самый верхний кембрийский период.

Средняя пачка формации представлена окрашенными в красный и серовато-зеленый цвет алевролитами и желтовато-коричневыми кварцевыми песчаниками. Алевролиты содержат слюдистые прожилки. Микродиагональная слоистость типична для алевролитов. Песчаники – косослоистые. Рядом с площадкой АЭС на горе Taşlık алевролиты разного цвета выходят на поверхность под известняками позднего пермского периода формации Kirtildağ. Это указывает на то, что до позднего пермского периода произошел сброс, повлекший за собой выход формации Ovacık рядом с отложениями формации Büyükeceli.

Ордовикская система

Нижний, средний отдел

Формация Ovacık

Верхняя пачка формации Ovacık состоит из коричнево-зеленых алевролитистых тонкозернистых слоистых глинистых сланцев, содержащих ордовикские граптолиты, такие как *Dydyngraptus* и *Tetragraptus*. Прослойки мелкозернистого косослоистого

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-6



песчаника с донными отпечатками увеличиваются в направлении снизу вверх. Структура конус в конусе, окаменелые морские водоросли, следы ходов иллов являются типичными седиментационными структурами верхней части.

Осадконакопление формации Ovasık проходило на открытом морском континентальном шельфе, ниже глубины, за пределами которой, осадки не перемещаются волнами.

Сводная толщина формации Ovasık составляет 400 м. Она согласно залегает на известняках OvasıkIşıklı и согласно перекрывается отложения Еğriрinar формации.

Силурийская система

Нижний отдел

Формация Еğriрinar

Название формации Еğriрinar связано с одноимённым поселком, который находится к северу от залива Ovasık. Типовой разрез представлен в 1 км к западу от поселка Еğriрinar.

Формация Еğriрinar была разделена на две пачки. Нижняя пачка состоит из окрашенных в желтые, желто-коричневые цвета переслаивающихся конгломератов и песчаников, содержащих окатанную кварцевую гальку. Отмечены локальные эрозионные углубления и горизонтальная слоистость. В нижней части пачки никаких ископаемых остатков не обнаружено. Галечниковые песчаники и конгломераты переслаиваются алевролитами.

Верхняя пачка представлена алевролитами, глинистыми сланцами и несколькими слоями песчаника, которые содержат эрозионную поверхность и отпечатки форм ископаемых организмов.

Мощность формации составляет 125 м.

Формация Нirmanlı

Выходы формации на дневную поверхность можно увидеть в 40 км к юго-западу от города Силифке, вокруг поселка Нirmanlı.

Формация, в основном, состоит из тонкослойных, черных, мелкозернистых глинистых сланцев, содержащих граптолиты (Monograptus, Climacograptus, Rastrites), указывающие на ранний силурийский период.

Мощность формации составляет 100 м. Отложения формации Нirmanlı согласно залегают на отложениях формации Еğriрinar.

Осадконакопление проходило в замкнутом бассейне.

Поздне Силурийский–Ранний Девонский периоды

Формация Карауаг

Формация получила название местности, которая известна как Карауаг, на трассе между Силифке и Анамуром, в 6 км к западу от поселка Насисакли.

В Карауаг нижние 200 м отложений состоят из темных, равномерно переслаивающихся известняков (кальцитурбидиты) и черных мелкозернистых, слоистых глинистых сланцев. Верхние 150 м отложений состоят из голубовато-серых, среднеслоистых желвакообразных известняков, с последующим коричнево-серым,

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВНЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-7



крупнослоистым, частично расслоенным алевроитом и песчаным известняком с брахиоподами и криноидами. В образцах тонкозернистых слоистых глинистых сланцев, взятых из средней части формации были обнаружены микроспоры, указывающие на поздний силурийский период.

В верхней части формации доминирующим является переслаивающийся известняк с брахиоподами и кораллами раннего девонского периода. Мощность формации составляет приблизительно 350 м. Она согласно залегает на отложениях формации Nigmanlı.

Девонская система

Нижний отдел

Формация Siğircık (D3)

Типовой разрез формации Siğircık располагается в одноимённом посёлке, в 48 км к западу от Силифке. Опорный разрез данной формации также можно увидеть вдоль трассы Силифке – Анамур, между поселками Naciishaklı и Büyükeceli.

Формация в подошве представлена известняком прослоями кварцевого песчаника, а также, осадочными карбонатными породами и мелкозернистыми, слоистыми глинистыми сланцами и конгломератами в верхней части. Прослой тонкозернистых, слоистых глинистых сланцев более типичны для подошвы. Кварциты, от белого до желтоватого цвета, местами кирпичного цвета, косослоистые и со следами ряби.

Известняк от средне до крупнослоистого, от темно-серого до желтовато-коричневого цвета, биогенный, с большим количеством включений криноидов, кораллов и брахиопод. Серые доломиты, от средне- до крупнослоистых, не содержат окаменелостей. Прослой мелкозернистых, слоистых глинистых сланцев красного цвета в верхней части формации не содержат окаменелостей и могут указывать на субаэральный выход на поверхность.

Отложения формации Siğircık согласно залегают на отложениях формации Kağayar. Представленные в отложениях криноиды, брахиоподы и кораллы указывают на ранний девонский период.

Осадконакопление проходило в мелководном бассейне. Глинистые сланцы, конгломераты и окаменелые илы (mudstone) красного цвета в верхней части формации могут указывать на регрессию и континентальные отложения.

Средний отдел

Формация Büyükeceli (D₂, пачки 1-8)

Типовой разрез отложений формации Büyükeceli расположен в 1 км к югу от поселка Büyükeceli и в 50 км к западу от Силифке. Формация была подразделена на восемь пачек.

Пачка 1 (Db1). Пачка представлена базальным конгломератом мощностью 5...10 м. Галечниковый конгломерат - полигенетический и в основном состоит из галечника формации Siğircık. Заполнитель представлен слабцементированным песчаником и алевроитистым mudstone.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-8



Пачка 2 (Db2). Нижняя часть пачки представлена голубовато-серой, крупнослоистой карбонатной wackestone, мощностью 40 м и многочисленными кораллами, такими как *Disphyllum Goldfussi* и *Calceola Sandalina*.

Пласты wackestone содержат тонкие прослои мегабрекчии.

Средний слой пачки состоит из светло-серых, тонких, расслоенных кальцилутитов, указывающих на оползневую структуру, в средней части можно наблюдать 20 м зону мегабрекчии.

Верхняя часть пачки сложена темно-серыми, средними и крупнослоистыми доломитовыми wackestone, с тонкослойными, желтовато-серыми прослоями глинистого сланца.

Общая мощность пачки составляет 150 м. Отложения этой пачки обширно выходят на поверхность в ядре антиклинали Аккую и имеют протяженность с северо-востока на юго-запад.

Пачка 3 (Db3). Пачка сложена белым, массивным, косослоистым кварцевым песчаником мощностью в 1 м. Хотя данный тонкий маркирующий горизонт формации *Büyükeseli* имеет значительное латеральное простираие в исследуемой зоне, имеются и стратиграфические выклинивания и локальные линзовидные залегания. Наряду с горизонтом (Db6) он использовался как маркирующий пласт (горизонт) для определения основных структурных особенностей площади.

Пачка 4 (Db4). Светло-серые тонко-среднеслоистые кальцилутиты образуют основную составляющую пачки. В пачке выделены несколько горизонтов мегабрекчии, в основном, состоящих из обломков кварцевого песчаника пачки 3 и известняка пачки 2. Оползневые структуры и хаотичность мегабрекчий указывают на то, что конседиментационная тектоника была активной во время осадкообразования пачки 4.

Никаких окаменелых органических остатков в пачке 4 не обнаружено.

Пачка 5 (Db5). Пачка представлена тёмно-серым, крупнослоистыми, частично доломитизированными и брекчированной wackestone, с включениями строматопороидеи *Amphipora Ramoza*. Из-за этого исключительного содержания окаменелостей и литологии, пачка 5 используется как маркирующий горизонт для стратификации формации *Büyükeseli*. Пачка 5 имеет значительное латеральное простираие в исследуемой зоне. Нигде в районе не наблюдалось двух или более последовательных слоев с содержанием *Amphipora Ramoza*.

Пачка 6 (Db6). Пачка состоит в основном из пластов мегабрекчии, в которой встречаются обломки известняка и валуны пачки 5, а также темно-серые, средней слоистости, частично доломитизированные прослои wackestone. Средняя мощность пачки составляет 75 м. Отдельные обломки пачки 5 в пластах мегабрекчии варьируют от валунов до угловатых глыб размером 25x75 см и больше. Мегабрекчии – плохо сортированы и неоднородны. Никакого очевидного разделения на фракции не наблюдается. Длинная ось больших глыб и булыжников приблизительно параллельна поверхности напластования лежащего ниже известняка. В залегающих под и над wackestone пластах мегабрекчии никаких окаменелостей не обнаружено.

Пачка 7 (Db7). Подошва пачки представлена белым, среднеслоистым кварцевым песчаником, который перекрывается темными, средне слоистым, голубовато-серым wackestone, с высоким содержанием битума и останков гастропод, криноидов и мшанок.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-9



Темно-серые, тонкослоистые глинистые сланцы и темно-серый битуминозный известняк переслаиваются с косослоистым кварцевым песчаником белого-розового цвета. Строматолиты встречаются в нижней и средней части пачки. Верхняя часть пачки представлена wackestone от розового до ржавого цвета, с многочисленными останками мшанок и гастропод.

Общая мощность пачки составляет 150 метров, за исключением одного участка возле поселка Аккую. Никаких оползневых структур или мегабрекчий, которые могли бы образоваться на очень мелком открытом шельфе, не наблюдается.

Пачка 8 (Db8). Самая верхняя пачка формации B y keseli в основном состоит из темно-серых крупнослоистых, с высоким содержанием окаменелостей, доломитизированных wackestone и доломитов с высоким содержанием кораллов, гастропод и брахиопод.

Мощность пачки составляет 150 метров.

Общая мощность формации B y keseli составляет порядка 630 м. К востоку, мощность формации постепенно уменьшается. В поселке Акдере, который находится в 25 км восточнее типового разреза, толщина формации B y keseli уменьшается до 40 метров.

Окаменелости, обнаруженные в формации B y keseli, такие как: Disphyllum Goldfussi, Calceola Sandalina и Amphipora Ramoza, указывают на средний девонский период.

Оползневые структуры и пласты мегабрекчий, которые являются общими в нижней части (Db2, Db3) указывают на конседиментационные тектонические движения. Верхняя половина формации, состоящая из пачек 7 и 8, накапливалась в достаточно стабильных условиях континентального шельфа.

Верхний отдел

Формация Akdere

Типовой разрез формации Akdere расположен в районе поселка Akdere, в 30 км к юго-западу от Силифке, за пределами геологической съёмки района.

Формация Akdere состоит из биогермного известняка и кварцевого песчаника, алевролита и переслаивающегося с алевролитом и мелкозернистым сланцем.

Биогермный известняк – темно-серого цвета, частично песчаный, доломитизированный и с большим содержанием окаменелостей. Кварцевый песчаник от белого до розового цвета переслаивается с алевролитом от красновато-коричневого до желтовато-коричневого цвета и коричневатого-серым мелкозернистым слоистым глинистым сланцем. Окислы железа в виде оолитов встречаются в средней части формации. В верхней части биогермного известняка присутствуют образования железистой корки, которая указывает на перерыв в отложениях и на начало лагунных условий.

Отложения формации Akdere легко распознаются в полевых условиях из-за их окраски, от красновато-коричневого до желтовато-коричневого цвета. Она согласно залегает на отложениях формации B y keseli.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-10



Окаменелые органические остатки, такие как *Disphyllum caesoitosum*, *Hexagonaria* sp., *Thamnooora* sp., *Cyphoterrorhynchus* gr. *argaeus* обнаруженные в отложениях, указывают на поздний девонский период.

Отложения формации Akdere накапливались в шельфовой области, возможно на внутреннем рифе и в лагунных условиях. Колебания уровня моря вызывало переслаивания рифов, железосодержащих лагунных песчаников и мелкозернистых глинистых сланцев.

Пермская система

Формация Kirtildağ

В южном регионе отложения формации Kirtildağ выходят на поверхность вокруг площадки АЭС «Аккую», образуя самые высокие горы: Gokdegik, Kizilin, Carkgedik, Tasliburun и Taslik. Рядом с площадкой АЭС «Аккую», формация Kirtildağ несогласно залегает на верхнедевонских породах. Разрез формации начинается с темно-серого, средне и крупнослоистого известкового аргиллита и фораминиферовых wackestone толщиной 20 метров, согласно перекрывается розовым, косослоистым кварцитом мощностью 25 метров. Окаменелые органические остатки, обнаруженные в нижней толще известняка, такие как: *Pachyphlaina* sp., *Staffelia* sp., *Pseudovermigoella* sp., *Polydioxedina*, *alphenesis*, датируются ранним - поздним пермским периодом.

Средняя часть формации Kirtildağ в южном регионе представлена серым чётко слоистым, фораминиферовым wackestone с высоким содержанием окаменелостей и слоями бутового камня. Содержащиеся в толще известняка брахиоподы, кораллы, гастроподы, таких как: *Mizzia Velebitana*, *Permocalculus* sp., *Geinitzina* sp. указывают на поздний пермский период.

Верхняя часть формации представлена известняками, на которых согласно залегает розовый, косослоистый кварцевый песчаник, который сверху переходит в темно-серый, крупнослойный, частично доломитизированный wackestone. Доломитизированные прослои чаще встречаются в верхней части отложений. Самая верхняя часть формации характеризуется типичным строматолитовым наслоением.

Везде в южном регионе формация Kirtildağ несогласно залегает на отложениях формации Akdere, за исключением северной части горы Taslik, где она залегает под толщей кварцевого песчаника формации Ovasik. Это может указывать на тектоническое нарушение, произошедшее до позднего пермского периода.

Триасовая система

Формация Kargıcak

Типовой разрез формации Kargıcak находится в 20 км к северо-востоку от площадки АЭС «Аккую» и в 1 км к западу от поселка Kargıcak. Типовой разрезе формации начинается с разноцветных глинистых известняков от желтовато- серого до темно-серого цвета, голубовато-серого, тонкослойного, частично оолитового, зернистого известняки и прослоями wackestone. Прослои оолитового, зернистого известняка включают в себя карликовые гастроподы - *Naticella* sp. Микрофауна, обнаруженная в известняках и глинистых известняках, такая как *Ammodiskus* sp., *Meandrospira* sp. Указывают на ранний триасовый период для нижней части формации.

Разноцветные глинистые известняки с тонкими прослоями известняка согласно залегают под серыми, крупнослоистыми, доломитизированными известняками и

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-11



доломитами. В доломитизированных известняках были обнаружены следующие окаменелости, указывающие на средний триасовый период: *Citaella Iulis Silva*, *Agathamina sp.*

Общая мощность формации составляет 250 м. на определенном участке может встретиться бокситовый горизонт в верхней части формации. В районе площадки АЭС «Аккую» формация *Kargıcak* не выходит на поверхность.

Формация *Kusyuvasitepe*

Отложения формации *Kusyuvasitepe* выходят на поверхность в 2 км к югу и в 1 км восточнее площадки «Аккую». Формация состоит в основном из белого, переслаивающегося очень тонкозернистого алевролита (*mudstone*) и *wackestone*, с иногда встречающимися кремниевыми конкрециями. Тонкий базальный конгломерат был обнаружен только на горе *Kizilin*, где белая, с ярко выраженной слоистостью кремниевая конкреция залегает под серым, волнообразно залегающим, частично почковидным оолитовым, зернистым известняком с обильным количеством криноидов.

Мощность формации *Kusyuvasitepe* составляет 150 м в типовом разрезе возле площадки АЭС «Аккую» она несогласно залегает на отложениях формации. Эта самая молодая горная порода мезозойского периода, которая выходит на поверхность в районе Аккую, и она несогласно перекрывается только четвертичными отложениями.

Нижеприведённые окаменелости были обнаружены в *Kusyuvasitepe* формации, указывая на средний - поздний триасовый период: *Endothyra cf*, *Kupferi*, *Endothyronella Wirzi*.

Формация *Kusyuvasitepe* откладывалась на открытом карбонатном континентальном шельфе.

Юрская система

Нижний отдел

Формация *Dibekli*

Формация *Dibekli* названа по аналогии с одноимённым посёлком, расположенного в 20 км к северу-востоку от площадки АЭС «Аккую». Отложения локально начинаются с базального конгломерата, который залегает под темно-серыми, хорошо слоистыми известковыми аргиллитами и *wackestone*. Склоновые брекчии и внутрипластовые конгломераты являются общими в подошве формации. В верхней части формации *Dibekli* оолитовые и онколитовые зернистые известняки и *packstone* переслаиваются оолитовыми железистыми слоями и окрашенными окислами железа кварцевыми песчаниками. Данные слои отличаются от основной части формации и образуют пачку *Isiklikiziltepe*.

Формация *Dibekli* распространена в большей степени в восточной части южного региона, где она несогласно перекрывает либо формацию *Kargıcak*, либо *Kusyuvasitepe*. Её нет в районе площадки «Аккую», возможно, в результате вздымания и обнажения, которые произошли после триасового периода. Только верхняя часть формации представлена в центральном регионе, где она несогласно перекрывает все более старые комплексы горных пород. В типовом разрезе были обнаружены следующие микроокаменелости формации *Dibekli*, которые указывают на ранний юрский период: *Mayncine termieri*, *Paleodasycladus medius*, *Taumatoporella sp.*, *Ammobaculites sp.*,

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-12



Orbitopsella praecursor, *Lituosepta reacoarensis*, *Tetrataxis* cf. *conica*, *Haurania amiji*, *Pseudocyclamina* sp., *Reophax* sp., *Pseudocyclamina lituus* *Trocholina* sp.

Мощность формации *Dibekli* в типовом разрезе составляет приблизительно 30 м, что является максимальной мощностью выхода на поверхность формации *Dibekli* в центральном регионе.

Осадконакопление проходило на границе карбонатной платформы.

Формация *Tokmar*

Типовой разрез формации *Tokmar* расположен в 1 км к югу от поселка *Tokmar*, который расположен в 25 км к юго-западу от Силифке, за пределами зоны картирования.

Разрез формации начинается со светло-серых от крупно до среднеслоистых доломитов и доломитизированных известняков, которые залегают под белыми хорошо слоистыми карбонатными аргиллитами и *wackestone*. От крупнослоистых до массивных, белых, частично псевдооолитовых, биомикритовый слой перекрывает доломитизированную нижнюю часть формации и его можно легко распознать в типовом разрезе, а также он служит маркирующим горизонтом формации *Tokmar*, которая выходит на поверхность во всех геотектонических регионах. Однако, формации *Tokmar* нет в районе площадки «Аккую», вероятно, в результате эрозии. Мощность формации *Tokmar* составляет 700 метров.

Отложения формации *Tokmar* несогласно перекрывают породы формации *Dibekli* и других более древних комплексов горных пород во всех геотектонических зонах. Найденные микроокаменелости (*Pfenderina Neocomiensis*, *Kurnubia Palesiniensis*) в отложения формации *Tokmar*, указывают на средний - поздний юрский - нижний меловой периоды.

Осадконакопление проходило на открытом карбонатном шельфе.

Меловой-Палеоценовый период

Формация *Hayvandgi*

Наименование формации произошло от горы *Hayvandgi*, расположенной в 2 км к востоку от поселка *Hirmanly*, за пределами зоны картирования.

Формация в основном состоит из белого, средне - крупнослоистого *wackestone*. Локально, в подошве формации может встречаться базальный конгломерат. Он несогласно перекрывает комплексы горных пород, старше позднего мелового периода, включая отложения нижнего палеозойского периода.

Мощность формации *Hayvandgi* составляет приблизительно 200 метров.

В нижнем разрезе формации обнаружены окаменелые органические остатки: *Globotruncana arca*, *G. Stuarti*, *G. Conica*, которые датируются поздним меловым периодом.

В верхней части формации *Hayvandgi* были обнаружены окаменелости (*Gavelinells* sp., *Miscellenes* sp.), указывающие на палеоценовый период.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-13



Неогеновый период

Миоцен

Формация Silifke

Формация Silifke в районе площадки АЭС «Аккую» не представлена.

Ближайший выход на поверхность формации Silifke относительно площадки АЭС «Аккую» находится в поселке Bogsak, где формация Silifke несогласно перекрывает отложения формации Tokmar.

Плиоцен-Четвертичный период

Плиоцен-Четвертичные брекчии

Брекчии предположительно плиоцен-четвертичного возраста характерным красным известковым цементом обнажены в 400 метрах к северу от строительной площадки, перекрывая элементы формации Büyükeceli и формации Akdere.

Они также встречаются вдоль побережья в 3 км к западу от площадки, к юго-западу от горы Karacadollugu. Брекчии в основном состоят из обломков валунов и галечника формаций Büyükeceli, Akdere и Kirtıldağı.

Обломки брекчий не сортированы. Они сцементированы характерным красным известковистым цементом. Брекчии формировались в субаэральных условиях, на равнинной местности, перемещались небольшими речками. Предполагается, что они отлагались во время раннего четвертичного периода или даже плиоценового периода, так как они залегают под аллювиальной формацией четвертичного периода.

Брекчии подвергнуты карстовым процессам. Карстовые пустоты брекчий заполнены известковыми отложениями и глиной.

Четвертичная система

Позднечетверичные отложения аллювиальных конусов выноса

Позднечетверичные аллювиальные конусы выноса встречаются в местах русел временных потоков и рек с уклоном в 5°...10° в южном направлении. В основном состоят из конгломератов с переслаиваниями крупнозернистого песчаника и мелкокозернистых материалов. Обломки конгломератов размера валунов и галечника сцементированы красным известковистым цементом.

Отложения современных аллювиальных конусов выноса присутствуют на площадке АЭС «Аккую», несогласно перекрывая брекчии плиоцен - четвертичного периода.

Предполагается, что возраст современных аллювиальных конусов выноса на площадке АЭС «Аккую» может варьироваться от 5000 до 10000 лет.

Каличе

Отложения каличе (известковая корка) весьма распространены вдоль Средиземноморского побережья. В исследуемой зоне слои каличе откладывались в заливе Аксаз и вдоль линии побережья в 1 км к северу от горы Kusuvası.

Каличе сформировались под воздействием испарений. Трещины, которые являются общераспространенными в известковых отложениях, не должны восприниматься как тектонические особенности. Они седиментационные по своему происхождению.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-14



Некоторые известковые слои формируются как группа трубок. Внутри каждой трубки имеется отверстие, сквозь которое известковая морская вода поднимается по капилляру благодаря испарению и откладывается как CaCO_3 в верхней части трубки. Таким образом, известковые отложения трубчатой формы нарастают как группа трубок. Это является общераспространенным явлением, которое происходит вдоль побережья к северу от горы Kusuvasi. Три ступени известковых отложений трубчатой формы указывает на то, что уровень моря был на 2...3 метра выше, чем в настоящее время, когда формировалась первая известковая терраса. Время формирования от 4000 до 5000 лет назад.

Ни известковые отложения, ни современные аллювиальные конусы выноса не несут никаких признаков тектонических нарушений.

Гидрогеологические условия

В пределах 30-километровой зоны района размещения площадки АЭС «Аккую» гидрогеологические условия определяются наличием единого водоносного комплекса подземных вод, водовмещающими породами которого являются карбонатные породы Палеозойского, Мезозойского и Кайнозойского возраста, а также четвертичные аллювиальные и современные техногенными грунтами. Питание комплекса происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и вод малых рек, разгрузка – в Средиземное море, за счет испарения и транспирации. По химическому составу воды комплекса пресные (за исключением прибрежной полосы шириной 300...500 м, где за счет интрузии морской воды грунтовые воды соленые), кальциевые, магниевые, хлоридно-сульфатные с минерализацией от 0,4 до 1,0 г/л.

Таким образом, в составе рассматриваемого комплекса можно выделить два горизонта грунтовых вод – палео-мезокайнозойский и четвертичный.

Водовмещающими породами палео-мезокайнозойского горизонта служат обломочные образования разной крупности, заполняющие трещины и разрывные нарушения коренной породы, что обуславливает значительную анизотропию водоносного горизонта в плане и разрезе. Так, при изучении анизотропии в плане, были получены следующие результаты: коэффициент фильтрации (Кф) в направлении перпендикулярном простиранию слоев – 4,5 м/сут, по простиранию – 34,6 м/сут.

В северо-восточной части района размещения АЭС на расстоянии 25...30 км от площадки в районе г. Ovasik были исследованы подводные родники карстового происхождения, при этом расходы обследованных родников достигали 3 м³/сек.

Аллювиальный водоносный горизонт приурочен к грунтам конусов выноса малых рек (Büyükeseli, Sipahili и Ovasik) и временных водотоков, представленных гравийно-песчаными отложениями мощностью от 40 (в головных частях конусов выноса) до 100 м (у побережья).

При проведении опытных откачек были получены следующие результаты: в долине Büyükeseli удельный дебит составил 0,89 л/с, водопроницаемость $T = 100...180 \text{ м}^2/\text{сут.}$; в долине Sipahili удельный дебит – 13...80 л/с, водопроницаемость $T = 1500...8500 \text{ м}^2/\text{сут.}$

Гидрогеологическая карта масштаба 1:25000 приведена в приложении J.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-15



6.2 ИССЛЕДОВАНИЯ РАЙОНОВ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К ПЛОЩАДКЕ

Геоморфология и рельеф

Наиболее высокие отметки рельефа в пределах исследуемой площади отмечены на холмах: Kizilin (269,80) на востоке, Taslik (221,00) на западе, Tasliburun (171,00) на дальнем западе и Kusuuvasi (197,00) на юге, а также в ряде топографических высот, не имеющих названий.

Общая морфология района характеризуется постепенным и неуклонным повышением высоты от прибрежных равнин в направлении внутренних районов (рисунок 6-2.1). Нагорья и подошвы откосов изрезаны ручьями, создавая местами умеренный, местами крутой рельеф (рисунок 6-2.2).

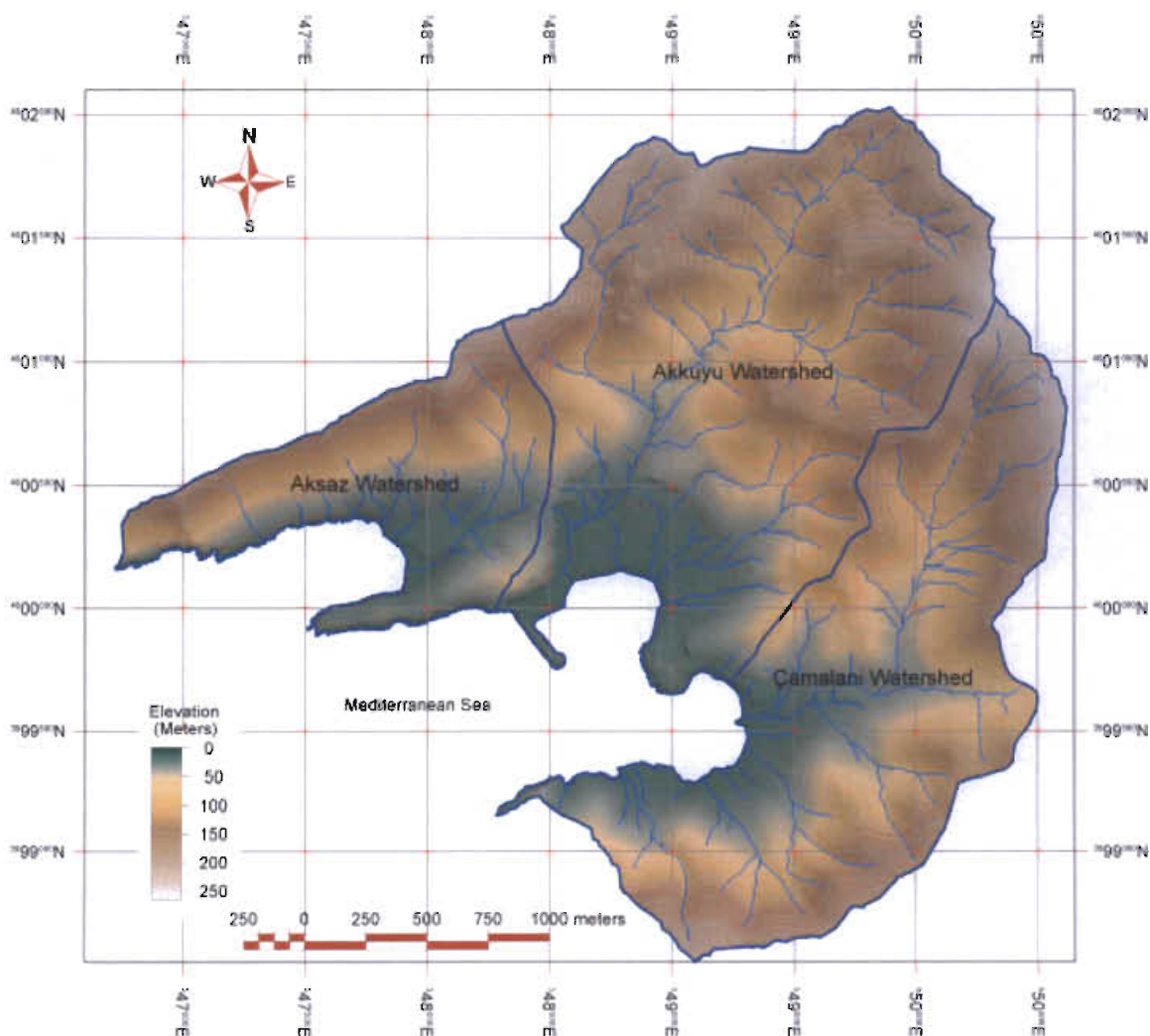


Рисунок 6-2.1 – Цифровая высотная модель водораздела территории площадки АЭС «Аккую»

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ЛАКСТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-16

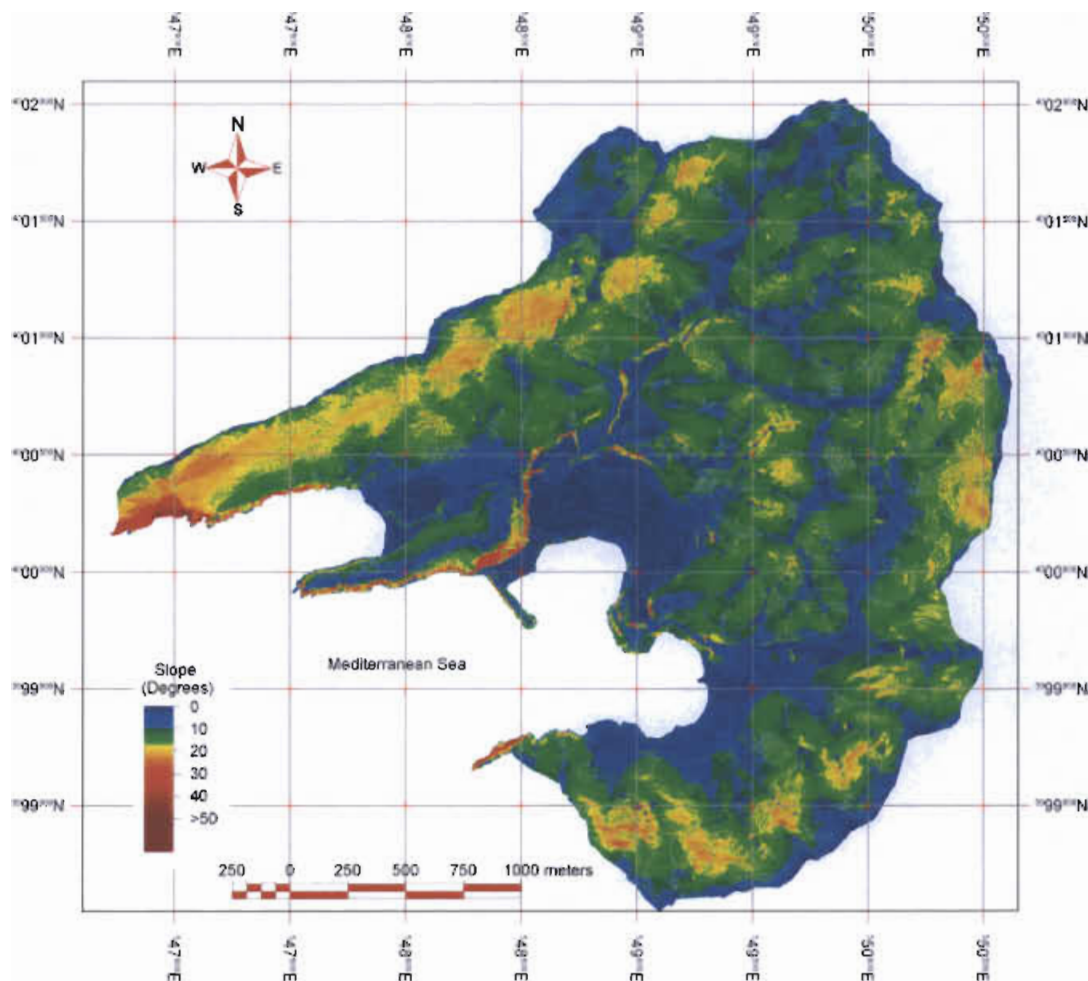


Рисунок 6-2.2 – Карта уклона водораздела территории площадки
АЭС «Аккую»

Все три залива имеют свои собственные прибрежные долины. Однако вид этих прибрежных долин сильно изменился в результате антропогенного воздействия. В заливе Aksaz присутствуют значительные отвалы, мощностью 5...8 м, покрывающие старые равнины и расширяющие площадь долины посредством создания неестественных возвышенностей.

Основная антропогенная деятельность осуществлялась в заливе Аккую. Из-за масштабных земляных работ на крайнем восточном склоне холма Inceburun на расстоянии примерно 800 м образовался обрыв, к востоку от холма Inceburun образовалась ровная поверхность (около 300x300 м), а к востоку от залива Аккую – отвал (около 400x200 м). Береговая линия также подверглась изменениям из-за создания в море дамбы длиной 100 м.

В заливе Calamani отмечена зона земляных работ на границе между водоразделами Аккую и Calamani, близ побережья, и появившиеся отвалы изменили береговую линию. Кроме того, не только в прибрежных, но и в более отдаленных от моря районах отмечено множество отвалов вдоль основных дорог, эти искусственные островки изменили внешний вид местности. В рамках инженерно-геологической съёмки, составлена карта инженерно-геологического районирования, масштаба 1:1 000, где показаны границы распространения техногенных грунтов.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-17



Естественная залесённость территории представлена в основном соснами и дикорастущими оливковыми деревьями, которые являются основным видом растительности произрастающей вдоль водных объектов. Листовой полог в этих залесённых участках варьирует от умеренного до густого. Зависимости по распределению разновидности деревьев к литологическим разностям на площадке не выявлено. Даже на вершинах старых отвалов (возрастом около 30 лет) естественным образом выросли сосны. Однако на природных песчаных пляжах в прибрежных долинах и в тех местах, где прежде проводились земляные работы, растительный покров встречается редко.

Ни в одном из трёх водосборов не наблюдалось значительных карстовых проявлений, которые подлежали бы обозначению на карте в связи с их малыми размерами. Однако в продольных или поперечных разрезах (траншеях), созданных в ходе земляных работ, наблюдались мелкомасштабные карстовые образования и заполняющие их красноватые (terra rossa – красноземные) наполнители.

Структурная геология площадки

Основные события в регионе, приведшие к образованию складок и разрывных нарушений, произошли до раннего юрского периода вследствие раннеальпийского орогенеза, при этом горообразовательные процессы по всему Центральному Таврскому поясу прекратились до наступления миоцена, за которым последовало региональное поднятие в позднемиоценовый - плиоценовый период.

Вблизи площадки АЭС «Аккую» девонские формации Buyukeceli и Akdere сильно деформированы (рисунок 6-2.3). На рисунке 6-2.4 представлена фотография искусственного откоса южного склона холма Inceburun, где видно, что формация Büyükeceli характеризуется серией складок и разрывных нарушений.



Рисунок 6-2.3 – Пример деформации отложений пачки Db7 формации Büyükeceli

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-18



Рисунок 6-2.4 – Фотография искусственного откоса южного склона холма Inceburun

Угловые стратиграфические несогласия

На площадке АЭС «Аккую» угловые стратиграфические несогласия были выявлены между:

- формациями Kirtildağı (верхнепермской) и Akdere (среднедевонской);
- средне-верхне девонскими отложениями (формации Büyükeseli, Акдере) и четвертичными отложениями.

Складчатость

Складкообразование, имевшее место в регионе, произошло в ходе варисского (герцинского) и альпийского орогенеза.

На площадке АЭС «Аккую» оси складок имеют ЗЮЗ-ВСВ и В-З простирания, которые согласуются с надвигами, выявленными на севере.

Наиболее значимой структурой площадки является антиклиналь Аккую с восточно-северо-восточной – западно-юго-западной (ВСВ-ЗЮЗ) осью простирания. Антиклиналь смещена по разлому.

Согласно ранее сделанному микротектоническому анализу, первоначальная ось складки B_0 ($060^\circ/0^\circ$) смещена в сторону B_1 ($065^\circ/10^\circ$ NE) (DSIRT, part II Annex 3, 1983), что дает основания предполагать, что антиклиналь Аккую сформировалась первоначально во время варисского (герцинского), а затем на неё оказал воздействие альпийский орогенез.

Антиклиналь Аккую сопровождается синклиалью Аккую в северном направлении. Южная часть синклинали Аккую смещена разломом Аккую.

Разрывные нарушения

Различные типы разрывных нарушений были выявлены в ходе ранее проведённых работ (Demirtasli et al., 1982). В 2011 году были проведены дополнительные исследования разрывных нарушений, для уточнения тектонической природы, основных характеристик и их активности в четвертичное время.

Надвиг Taslik

Простирается в СВ-ЮЗ направлении. Его длина составляет приблизительно 4 км. На пересечении дорог между Büyükeseli и Аккую надвиг хорошо читается в обнажении. Вдоль надвига, элементы формации Büyükeseli надвигаются на отложения формации

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-19



Kirtildağı с юго-востока на северо-запад. В северной части залива Аксаз направление плоскости тектонического нарушения определено как $050^{\circ}/45^{\circ}$ SE (Demirtasli et al., 1982).

В северной части залива Аксаз направление плоскости тектонического нарушения определено как $050^{\circ}/45^{\circ}$ SE (Demirtasli et al., 1982). Данные полевых исследований позволяют предположить, что надвиг сформировался во время раннеальпийского орогенеза. Надвиг Taslik, смещенный разломом Aksaz, по данным предыдущих исследований характеризуется как неактивный.

Разлом Akkuu

Это разлом сбросового типа, широтного простирания и углом падения 60° N.

Разлом расположен в северной части площадки и является вторым по величине (его длина 1 км) после разлома Taslik.

К западу разлом Akkuu смещен разломом Aksaz. Основываясь на скважинных исследованиях, проведенных на аллювии Аксаза (Demirtasli et al., 1982) есть предположение, что смещенная часть разлома Akkuu продолжается под аллювием Аксаза.

Проведенные исследования показали, что разлом Аккую не имел тектоническое воздействие на дочетвертичные отложения брекчий.

Разлом Aksaz

Это разлом ССЗ-ЮЮВ простирания, с падением на ВСВ, в северной части сечет разлом Akkuu и надвиг Taslik. Данный разлом представляет собой взброс (надвиг), где формация Büyükeseli надвигается на формацию Akdere. На юге разлом был покрыт четвертичным аллювием залива Аксаз, а в настоящее время перекрыт техногенными отложениями. Исходя из ранее проведенных скважинных и траншейных исследований, сделан вывод о том, что разлом неактивен (Demirtasli et al., 1982). Работы, проведенные в 2011 году, подтверждают вывод о неактивности данного разлома.

Безымянный надвиг

Безымянный надвиг характеризуется меридиональным простиранием, падением на восток и общей длиной в 500 м.

Вдоль надвига более ранние элементы формации Büyükeseli надвигаются на формацию Akdere в направлении с востока на запад. Надвиг перерезан надвигом Taslik на севере и разломом Akkuu на юге, поэтому было сделано предположение, что он старше их обоих.

Разрывные нарушения сдвигового типа

Наличие сдвиговых разломов весьма типично для территории площадки. Они ориентированы либо в северо-северо-восточном – юго-юго-западном, либо северо-северо-западном – юго-юго-восточном направлении, со смещением оси основной складки (антиклиналь Аккую) и маркирующих горизонтов формации Büyükeseli (Db3 и Db5).

Сдвиговые разломы, ориентированные в направлении ССВ-ЮЮЗ, более различимы по сравнению с остальными. В них выявлены право- или левосторонние движения, со смещением преимущественно в горизонтальном направлении параллельно линии разлома.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-20



Вероятнее всего они сформировались в период раннеальпийского орогенеза как поперечные сдвиги, связанные с образованием складок и сбросов. На площадке АЭС некоторые из них частично покрыты четвертичными отложениями и искусственными насыпями и не демонстрируют признаков какой-либо недавней активности.

Сбросы

Во время проведения инженерно-геологической съёмки, также были изучены небольшие разломы, наблюдаемые вдоль искусственных откосов на площадке АЭС «Аккую». Это разломы, простирающиеся в направлении ЗЮЗ–ВСВ, падением $40^{\circ}\dots 60^{\circ}$ N и демонстрирующие небольшие смещения, которые встречаются в пределах формации B   keseli. Отсутствие каких-либо признаков активной морфотектоники, связанных с этими разломами, позволяют предположить, что в последнее время они оставались неактивными.

На рисунке 6-2.5 представлена фотография наиболее наглядного сброса.

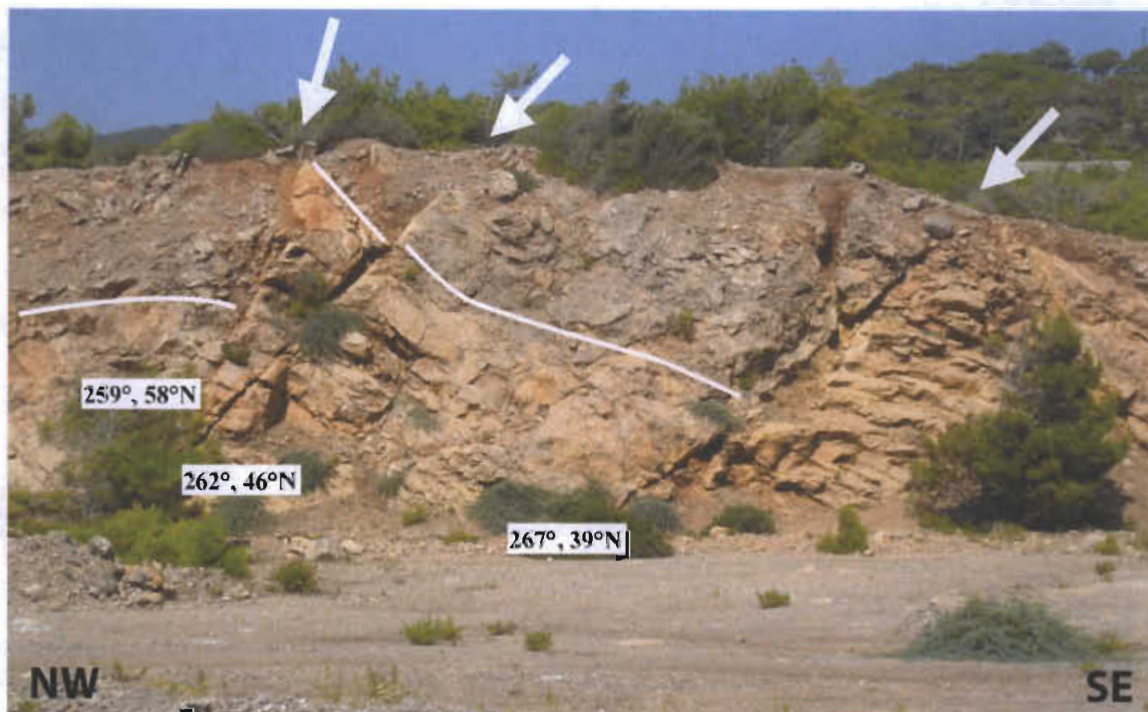


Рисунок 6-2.5 – Фотография сброса, наблюдаемого на дороге между заливами Akkuyu и Camalani

В целом, описания разведочных траншей и другие, в том числе, скважинные исследования, проведенные на территории радиусом 1 км от площадки АЭС, не выявили признаков сейсмодислокаций и активности разломов.

Трещины

Ранее проведенные работы, проведенные МТА, собрали обширные данные о серии трещин, влияющих на различные элементы формации B   keseli близ площадки АЭС в Аккую, и выявили две продольные ($046^{\circ}/72^{\circ}$ NW – $050^{\circ}/66^{\circ}$ SE), три диагональные ($000^{\circ}/74^{\circ}$ W – $103^{\circ}/58^{\circ}$ SW – $020^{\circ}/80^{\circ}$ SE) и две поперечные ($150^{\circ}/62^{\circ}$ SW) серии трещин (Demirtasli et al., 1982).

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-21



Сделан вывод о том, что начиная с плиоценового периода (от 1 до 2 миллионов лет назад) территория площадки АЭС Аккую является пассивной с тектонической точки зрения. Остаточные сейсмодетформации земной коры в пределах площадки не обнаружены.

Микросейсмические исследования, направленные на сейсмотектонические толкования

Три цикла инструментальных исследований микроземлетрясений в окрестностях площадки АЭС «Аккую» были проведены в период с 1977 по 1988 годы. На стадии возобновлённых в 2011 году изысканий в ближнем районе площадки организована локальная сеть, состоящая из 13 сейсмических станций. Информация о конфигурации сети, типе сейсмических станций приведена в разделе. 6.4. Результаты мониторинга (список микроземлетрясений), в том числе, полученные в 2011 году, приведены в приложении L.

Данные об опасных геологических процессах

В районе расположения площадки АЭС «Аккую» геологические процессы выражены слабо, техногенные процессы отсутствуют.

Оползневые процессы

Площадка АЭС «Аккую» расположена в окружении холмов высотой до 200 м. Горный рельеф был образован в эпохи складчатости. Естественные углы склонов приблизительно 35°. В 1983 году (Detailed Site investigations report) в ходе детального обследования площадки АЭС «Аккую» были исследованы горы Кушйувасы и Taslik, а так же горный хребет Аккую для определения направления залегания слоев. Эти исследования выявили, что риск схода оползня на холме Кушйувасы отсутствует из-за направления залегания слоёв (вглубь склона). Горный хребет Аккую сложной формацией Būyūkeseli поддерживается собственным геологическим залеганием слоёв. Проведённые исследования устойчивости для холма Taslik дают заключение о его стабильности.

Карст

Вероятность карбонатного выщелачивания, т.е. развития карстовых образований, возможно при следующих условиях:

- а) литология (наличие растворимых карбонатных пород);
- б) условий залегания и трещиноватости карбонатной породы;
- с) от особых климатических и гидрогеологических условий.

Наиболее интенсивно карст развивается в чистом известняке мелкой зернистости под влиянием большого количества осадков и/или движения грунтовых вод, обогащенных углекислым газом. Чем больше зернистость известняка и содержание в нем глинистых минералов, тем меньше интенсивность развития в нем карста. Знаменитый Динарский карст образован известняковыми формациями с почти однородной структурой, на 90 % состоящей из CaCO_3 (работа под руководством ЭРАКА 1972 г.). Такой же состав имеет чистый миоценовый известняк, обнаруженный в 55 км от Аккую, где расположены значительные по размерам карстовые пустоты, названные Рай и Ад и ставшие туристическими достопримечательностями.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-22



Изучение карстовых пустот показало, что в геологическом прошлом климатические условия в Аккую благоприятствовали карстообразованию, а поскольку формация Būyūkeseli главным образом имеет карбонатный состав, исследование интенсивности и степени карстообразования основной породы является одной из главных целей инженерно-геологического исследования участка строительства АЭС.

Принимая во внимание условия образования карста а) и б), упомянутые выше, отметим, что основные породы на участке строительства сложены Db2, Db3 и Db4 формации Būyūkeseli, за исключением перекрывающих их четвертичных отложений. При этом слои Db2-Db4 преимущественно состоят из доломитов и конседиментационной брекчии с различным содержанием кварца, глины и известняка (данные получены с помощью петрографического анализа образцов отобранных из скважин). Принимая во внимание литологические свойства, оказывающие влияние на степень карстообразования (Корбел, 1959 г. и работа под руководством Герштенхауэра, 1966 г.), можно утверждать, что, благодаря своему минералогическому составу, рассматриваемая горная порода не восприимчива к карбонатному выщелачиванию.

Наличие в районе Аккую разрывных нарушений б), что в сочетании с постоянным потоком грунтовых вод по направлению к морю с), может быть причиной развития небольших карстовых образований, наблюдаемых в кернах скважин и по данным телеметрии буровых скважин, несмотря на низкую растворимость пород.

Отмечено два типа карстовых проявлений:

- первый тип состоит из малых шарообразных пустот-каверн с максимальным диаметром 1...2 см, так называемых «pea karst». Встречается в карбонатных породах, содержащие кальциты, а также в трещиноватом доломите на глубине до 30...40 м ниже уровня земли в виде отдельных каверн или, что более часто, сосредоточенный в определенных слоях пород. В инженерно-геологическом отношении данное явление карбонатного выщелачивания не представляет опасности;

- второй тип карстовых проявлений заключается в расширении существующих полостей вдоль плоскостей залегания слоев, отдельностей или трещин. Данные карстовые пустоты локально расширяются до нескольких сантиметров. Ширина раскрытия большинства отдельностей или трещин незначительна, увеличение в результате карбонатного выщелачивания составляет лишь несколько миллиметров или не увеличенная вовсе. По данным телеметрических исследований, частота возникновения и размер проявлений выщелачивания уменьшается с глубиной. Карстовые образования отчетливо заметны на глубинах до 20...30 м от поверхности земли, на глубине от 35...45 м незначительны или отсутствуют. Следует также отметить, что на территории строительства АЭС даже в местах обнажения формации Būyūkeseli отсутствуют поверхностные проявления развития карста. Подземное карстообразование всегда сопровождается такими специфическими геоморфологическими признаками и формами, как каверны, пещеры, карстовые воронки, падающие ручьи и др. Данные признаки формируют типичный ландшафт классического карста, и наоборот – отсутствие данных форм рельефа является надежным доказательством малого карстового потенциала формации Būyūkeseli.

Наличие пещерообразных вертикальных обнажений породы вдоль обрывистого берега в районе Аккую может оспорить вышеприведенный аргумент, однако, тщательное исследование данных изрезанных участков вдоль береговой линии полуострова Inceburun показало, что упомянутые «пещеры» по своему происхождению связаны с

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-23



пересечением основных разломов (например, разлом Аксаз) и размываются породы в основном волновой эрозией. Данное обстоятельство не является причиной отсутствия карстовых образований, но упомянутые вогнутые обрывистые участки встречаются исключительно вдоль береговой линии, обращенной против основного направления ветра, т.е. там, где размывание морской водой происходит сильнее всего, и нигде не встречены с подветренной стороны, например, вдоль северного берега полуострова İnceburun при наличии также в этой области пересечения с разломами. Более того, на плоскостях разломов, выходящих на поверхность в местах пещерообразных вертикальных обнажений, не обнаружено вторичного кальцитового покрытия, которое обычно встречается в карстовых пустотах.

Еще одним, возможно, самым убедительным доказательством отсутствия хорошо развитых подземных карстовых систем в формации Büyükeceli является крутой уклон уровня грунтовых вод по направлению к морю, особенно в период паводка и последующие месяцы. Если бы в формации существовала сколько-нибудь значимая карстовая система трещин и пустот, то уровень грунтовых вод выровнялся бы с уровнем моря за сравнительно короткий промежуток времени.

Следующей причиной малой интенсивности карста может быть 60° наклон фронта соленых грунтовых вод в северном направлении, вдоль береговой линии Аккую, который препятствует потоку грунтовых вод в море, т.е. можно предполагать наличие признаков неподвижных грунтовых вод ниже уровня моря. Химический состав грунтовых вод не предполагает смешанную коррозию, которая является важнейшим процессом карбонатного выщелачивания породы с порами, заполненными водой (БОЭГЛИ, 1964 год).

Относительно низкая проницаемость массива пород, установленная по результатам нагнетаний в буровые скважины и опытных откачек, также указывает на низкое количество пор и пустот в породе, тем самым подтверждая низкую активность карбонатного выщелачивания формации Büyükeceli.

Выветривание

Физические условия выветривания, такие как воздействие солнечных лучей, перепады температуры, механико-биологическое выветривание, способны изменить состояние массива пород и в настоящее время активны только в верхних слоях массива пород.

Тем не менее, физические воздействия воды и ветра, возможно, в определённой степени способствовали ухудшению свойств массива пород. Выветривание, будучи длительным процессом, вызвало существенные изменения характера нагрузки, за счёт смещения толщи стратиграфического среза породы, сопровождавшегося не только простыми последствиями снижения нагрузки, такими, как снижение напряжений, но и возможной переориентацией плоскости напряжений. Последнее может вызвать процессы растрескивания и открытия плоскостей в пределах обнажаемой коренной породы. Аналогичные последствия в отношении параллельных поверхности трещин отдельности объясняются температурными изменениями во времена плейстоцена и/или ежедневными изменениями температуры в наше время.

Считается, что подобные процессы, связанные с последующей суброзией, сформировали подгоризонтальные трещины длиной до нескольких метров и шириной до

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-24



30 см. Такие проявления были вскрыты в процессе тренчинговых исследований (MTA DSIR).

С увеличением глубины влияние механического а также химического выветривания резко снижается. По данным исследований мощность зоны выветривания достигает 5...35 м [2, 3, 33, 14].

6.3 ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛОЩАДКИ

Геологическое строение площадки

Литостратиграфические комплексы, выходящие на поверхность площадки АЭС «Аккую» (в радиусе 1 км) включают:

- формацию B y keseli (среднедевонский период, 385...398 миллионов лет);
- формацию Akdere (поздний девонский период, 359...385 миллионов лет);
- формацию K rtldađı (пермский период, 251...299 миллионов лет);
- брекчия плиоцен-четвертичного возраста (0...5,3 миллионов лет);
- четвертичные отложения (0...2,6 миллионов лет), представленные аллювиальными конусами выноса, пролювиальными, коллювиальными отложениями, каличе.

Геологическая карта площадки в масштабе 1:2000 и разрезы к ней приведены в приложении К.

Девонская система

Средний отдел

Формация B y keseli (D2, пачки 1-8)

По результатам ранее проведенных исследований и работ, выполненных в 2011 году, в формации B y keseli выделено восемь пачек.

Пачка 1 (Db1). Отложения пачки (Db1) не выходят на поверхность территории площадки. Пачка представлена базальными конгломератами мощностью 5...10 м. Галечниковый конгломерат – полигенетический и в основном состоит из галечника формации S đ s k. Заполнитель представлен слабосцементированным песчаником и алевролитистым mudstone. Пачка характеризуется частой трещиноватостью и подвержена сильному выветриванию.

Пачка 2 (Db2). Пачка подразделена на три комплекса. Нижняя часть пачки представлена голубовато-серой, крупнослоистой карбонатной wackestone, мощностью 40 м и многочисленными кораллами, такими как Disphyllum Goldfussi и Calceola Sandalina.

Пласты карбонатной wackestone содержат тонкие прослои брекчированного известняка. Нижний комплекс умеренно трещиноватый и в меньшей степени подвержен карстообразованию по сравнению со средним и верхним комплексом пачки (Db2).

Средний слой пачки состоит из светло-серых, тонко и средне переслаивающихся, расслоенных кальцилитов указывающих на оползневую структуру. В средней части слоя можно наблюдать 20 м зону мегабрекчии. Обломки в мегабрекчии ранжируются по размеру от гальки до валунов. Мегабрекчии сцементированы частично глинистым,

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-25



частично песчаным заполнителем. Мегабрекчии неоднородно выражены по латерали и являются конседиментационными по происхождению.

Средний комплекс часто и сильно трещиноватый. Из-за таких его характеристик он подвергнут карстообразованию более значительно по сравнению с нижней частью пачки (Db2)

Верхняя часть пачки сложена темно-серыми, средними и крупнослоистыми доломитовыми wackestone, с тонкослойными, желтовато-серыми прослоями глинистого сланца. Слои доломитовой wackestone характеризуются частой трещиноватостью. Сланцы хрупкие и сильно трещиноватые. При бурении, на различных глубинах вплоть до глубины 60 метров встречался доломитовый песок. В верхнем комплексе часто встречались карстовые пустоты.

Общая мощность пачки составляет 150 м. Отложения этой пачки обширно выходят на поверхность в ядре антиклинали Аккую и имеют протяженность с северо-востока на юго-запад.

Пачка 3 (Db3). Пачка сложена белым, массивным, частой системой трещин, косослоистым кварцевым песчаником мощностью в 1 м. Хотя данный тонкий маркирующий горизонт формации Büyükceli имеет значительное латеральное простираие в исследуемой зоне, имеются и стратиграфические выклинивания и локальные линзовидные залегания. Наряду с горизонтом (Db6) он использовался как маркирующий пласт (горизонт) для определения основных структурных особенностей площади.

Пачка 4 (Db4). Светло-серые тонко-среднеслоистые кальцилиты и доломитовые известняки образуют основную составляющую пачки. В пачке выделены напластования конседиментационных мегабрекчий, в основном, состоящих из обломков кварцевых песчаников (Db3) и известняка пачки (Db2) и тонкие переслаивания сланцев.

Кальцилиты и сланцы с частой системой трещин, мегабрекчии сильнотрещиноватые.

Оползневые структуры и хаотичность мегабрекчий указывают на то, что конседиментационная тектоника была активной во время осадкообразования пачки 4.

Никаких окаменелостей в пачке 4 обнаружено не было.

Пачка 5 (Db5). Пачка представлена тёмно-серым, крупнослоистыми, частично доломитизированными и брекчированной wackestone, с включениями строматопоронидеи *Amphiroa Ramoza*. Из-за этого исключительного содержания окаменелостей и литологии, пачка 5 используется как маркирующий горизонт для стратификации формации Büyükceli. Пачка 5 имеет значительное латеральное простираие в исследуемой зоне. Нигде в районе не наблюдалось двух или более последовательных слоев с содержанием *Amphiroa Ramoza*. Максимальная мощность составляет 2 м. В нем наблюдаются локальные выклинивания.

Пачка 6 (Db6). Пачка состоит в основном из пластов мегабрекчии, в которой встречаются обломки известняка и валуны пачки 5, а также темно-серые, средней слоистости, частично доломитизированные прослои wackestone. Средняя мощность пачки составляет 75 м. Отдельные обломки пачки 5 в пластах мегабрекчии варьируют от валунов до угловатых глыб размером 25х75 см и больше. Мегабрекчии – плохо сортированы и неоднородны. Никакого очевидного разделения на фракции не

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-26



наблюдается. Длинная ось больших глыб и булыжников приблизительно параллельна поверхности напластования лежащего ниже известняка. В залегающих под и над wackestone пластах мегабрекчии никаких окаменелостей не обнаружено.

Пачка 7 (Db7). Подошва пачки представлена белым, розоватым, средне слоистым кварцевым песчаником, который перекрывается темными, средне слоистым, голубовато-серым wackestone, с высоким содержанием битума и останков гастропод, криноидов и мшанок. Темно-серые, тонко слоистые глинистые сланцы и темно-серый битуминозный известняк переслаиваются с косослоистым кварцевым песчаником белого-розового цвета. Строматолиты встречаются в нижней и средней части пачки. Верхняя часть пачки представлена wackestone от розового до ржавого цвета, с обильным количеством мшанок и гастропод.

Общая мощность пачки составляет 150 метров. Никаких оползневых структур или мегабрекчий, которые могли бы образоваться на очень мелком открытом шельфе, не наблюдается.

Пачка 8 (Db8). Самая верхняя пачка формации B y keseli в основном состоит из темно-серых крупнослоистых, с высоким содержанием окаменелых органических остатков, доломитизированных wackestone и доломитов с многочисленным содержанием кораллов, гастропод и брахиопод. Она согласно перекрывается формацией Akdere.

Мощность пачки составляет 150 метров.

Общая мощность формации B y keseli составляет порядка 630 м. К востоку, мощность формации постепенно уменьшается. В поселке Akdere, который находится в 25 км восточнее типового разреза, толщина формации B y keseli уменьшается до 40 метров.

Окаменелые органические остатки, обнаруженные в формации B y keseli, такие как: Disphyllum Goldfussi, Calceola Sandalina и Amphipora Ramoza, относятся к среднему девонскому периоду.

Оползневые структуры и пласты мегабрекчии, которые являются общими в нижней части формации пачки (Db2 и Db3) указывают на конседиментационные тектонические движения. Верхняя половина формации, состоящая из пачек Db7 и Db8, откладывалась в достаточно стабильных условиях континентального шельфа.

Верхний отдел

Формация Akdere

Характерным местом формации является деревня Akdere, расположенная в 30 км к востоку от строительной площадки АЭС в Аккую. Формация Akdere образована биотермическими известняками, в которые вклиниваются пласты кварцитовых песчаников, алевроитов и глинистых сланцев. Формация начинается маркирующим горизонтом, состоящим из темно-серого, переходящего в голубоватый, средне-толстослоистого вакстоуна, в большом количестве содержащего гастроподы. На площадке в Аккую формация выходит наружу (обнажается) севернее от сдвига Аккую, где она сильно расщеплена и отличается сильной трещиноватостью. Толщина формации Akdere составляет примерно 250 м в её характерном месте. Формация Akdere несогласно перекрыта формацией K rtildađı.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-27



Пермская система

Формация Kirtıldağ

Формация выходит на поверхность (обнажается) вдоль южной части района залива Salamanı. Она начинается со слоя толщиной 20 м, состоящего из темно-серых, среднеслоистых, содержащих раковинки фораминифер вакстоунов, за которыми следует розовый поперечно-слоистый кварцит. Темные, синевато-серые, средне-толстослоистые, содержащие раковинки фораминифер вакстоуны с пропластами из пакстоуна образуют средний и верхний элементы формации Kirtıldağı.

Плиоцен-Четвертичный период

Плиоцен-Четвертичные брекчии

Такие отложения наблюдаются местами под аллювиями позднечетвертичного периода в виде отложений, затвердевших посредством красноватого карбонатного цемента; частично в ряде мест они характеризуются высокими склонами как отложения, возникшие при размыве склона. Они состоят из мелкой и крупной гальки, а также булыжников формаций Büyükeseli и Akdere. Обломки брекчии осьпей не сортированы. Толщина значительно варьирует в пределах коротких расстояний и редко превышает 1 м.

Четвертичная система

Современные отложения

Отложения аллювиальных конусов выноса

Они существуют вдоль ручьев, пересекающих площадку; возможно, их следует отнести к позднему четвертичному периоду (голоцену). Они состоят из слабосцементированных и несортированных конгломератов, толщиной 1...3 м, с прослойками из песчаника. Во время недавних земляных работ аллювиальные отложения, ранее достигавшие берега, были удалены или покрыты отвалами грунта в заливе Аккую и частично в заливе Аксаз и заливе Salamanı. До выполнения недавних земляных работ пробивка траншей и бурение, выполненные группой ОДИЭПИ-МТА в заливе Аксаз, позволили охарактеризовать аллювиальный покров как состоящий из поверхностного слоя толщиной 120 см, слоя илистой глины толщиной 3 м, с галькой на дне, причём в направлении ко дну её количество увеличивается.

Морские (галечные) и известковые отложения

Морские отложения четвертичного периода, которые состоят из рыхлых нелитифицированных частиц размером с песчинку, обнажены в заливе Аксаз и заливе Камалани, однако покрыты отвалами грунта в заливе Аккую. В период исследования известковые отложения, которые образуются в результате испарения, приводящего к движению морской воды, посредством капиллярности, через трещины в прибрежной породе, наблюдались главным образом в заливе Аксаз.

Почвенный покров

Это самый молодой геологический объект, содержащий органическую почву красновато-бурого цвета и отложения песчанистого алевроита с фрагментами горной породы. Толщина сильно варьирует и редко превышает 1 м.

Разрытые поверхности и места отвалов

В последние десятилетия строительная площадка АЭС «Аккую» подверглась серьезным изменениям из-за проводившихся на ней масштабных земляных работ. По

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-28



этой причине искусственно измененная поверхность классифицируется на разрытые поверхности и места отвалов. Разрытая поверхность включает выскобленную и искусственно сглаженную коренную породу, тогда как места отвалов включают участки, покрытые отвалами грунта, вынутого в ходе рытья котлованов. Древняя береговая линия, которую можно наблюдать в материалах более ранних топографических исследований, также позволила нам отделить морские отвалы от исконной суши. Вопреки ожидаемому, картирование коренной породы в разрытой поверхности не представилось возможным, так как она покрыта очень тонким гравием, который был рассыпан повсюду. Поэтому и разрытые поверхности, и места отвалов были картированы как отдельные единицы на пересмотренной геологической карте строительной площадки АЭС «Аккую».

Геологическая карта площадки масштаба 1:2000, обновленная по результатам инженерно-геологической съёмки 2011 года, приведена в приложении К.

Гидрогеологические условия

Подземные воды промплощадки, так же как и района размещения АЭС, представляют собой единый водоносный комплекс безнапорных грунтовых вод, который по характеру водовмещающих пород можно разделить на два горизонта: девонско-пермский, в котором движение грунтовых вод происходит по трещинам, разрывным нарушениям и структурным сдвигам в направлении простирания слоев и четвертичный, где движение грунтовых вод происходит в соответствии с уклоном поверхности в сторону побережья. Глубина залегания УГВ изменяется в широких пределах от 27,5 м на периферии площадки до 1,4 м на прибрежных участках.

Водовмещающие породы. На площадке АЭС «Аккую» и в непосредственной близости от неё водовмещающие породы представлены слоистыми, трещиноватыми, в основном карбонатными породами формаций Būyūkeseli (D_{2b}), Akdere (D_{3a}) и Kirtildağı (P_{2mk}), а также четвертичными отложениями различного генезиса.

Все, пробуренные в 2011 году, скважины (20 скважин по 50 м каждая) вскрывают пласты различных элементов формации Būyūkeseli. Карбонатные породы формации (известняки, доломитовые известняки, мегабрекчии) обычно массивные или от крупнослоистых до слоистых, частично выветрелые и разбиты тектоническими трещинами. На этом основании можно предположить, что отложения формации Būyūkeseli качественно характеризуются достаточно высокими коллекторскими свойствами.

Шарообразные каверны размером 1...2 см в формации Būyūkeseli относятся к так называемому «реа karst» и не влияют на ёмкостные характеристики водовмещающих пород.

Во время буровых работ 2011 года скважин в пределах формаций Akdere и Kirtildağı пройдено не было.

Четвертичные отложения района площадки АЭС, являющиеся основным коллектором для грунтовых вод, представлены межпластовыми брекчиями, состоящие из валунов, булыжников и гальки, речными осадками, слабосцементированными и несортированными, мощностью от 1 до 3 м и красновато-коричневыми почвами и супесями мощностью до одного метра.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-29



Питание горизонта происходит по всей площади его распространения за счёт инфильтрации атмосферных осадков, вод рек Büyükeceli и Sipahili, а также временных водотоков, разгрузка горизонта происходит – в Средиземное море.

Уровеньный режим грунтовых вод прямо связан с сезонными изменениями количества атмосферных осадков. Амплитуда изменения уровня грунтовых вод в маловодный и многоводный период может достигать шести метров.

Фильтрационные свойства пород изменяются в широких пределах, так по результатам обработки данных четырёх откачек, выполненных в 2011 году, в соответствии с классификацией, принятой при проведении изысканий турецкими специалистами, прослеживается три зоны проводимости, распределенные по вертикали:

- водопроницаемость слоев, расположенных выше уровня моря (Т-слой) – от 19 до 154 м²/сут, при средней 66 м²/сут;

- водопроницаемость слоев, расположенных ниже уровня моря (U-слой) – от 18 до 43 м²/сут, при средней 27 м²/сут;

- нижняя часть разреза с глубины 15 м (L-слой) – от 1,7 до 3,4 м²/сут, при средней 2,4 м²/сут.

По химическому составу воды горизонта пресные, с минерализацией от 269 до 552 мг/л (в зависимости от сезона), гидрокарбонатные, кальциевые. Содержание гидрокарбонатов изменяется от 183 до 421 мг/л. Воды не агрессивные по отношению к строительным конструкциям.

Карта гидроизогипс, построенная по результатам работ 2011 года представлена на рисунке 6-3.1. Здесь выделяются три бассейна: бассейн залива Аксаз на западе, бассейн залива Аккую и бассейн залива Камалани на юго-востоке. Во всех трёх бассейнах течение грунтовых вод направлено в сторону моря, а значения гидравлического уклона потока (градиент) очень невелики ($I = 0,006...0,002$).

Общие запасы грунтовых вод оцениваются: в долине р. Büyükeceli – $0,8 \times 10^6$ м³ в год, а в долине р. Sipahili – $2,6 \times 10^6$ м³ в год.

Эти горизонты используются местным населением для хозяйственно-питьевого водоснабжения и для орошения с/х угодий. По общим оценкам расход воды на эти цели составляет для долины р. Büyükeceli – $0,5 \times 10^6$ м³/год и $0,48 \times 10^6$ м³/год для долины р. Sipahili.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-30

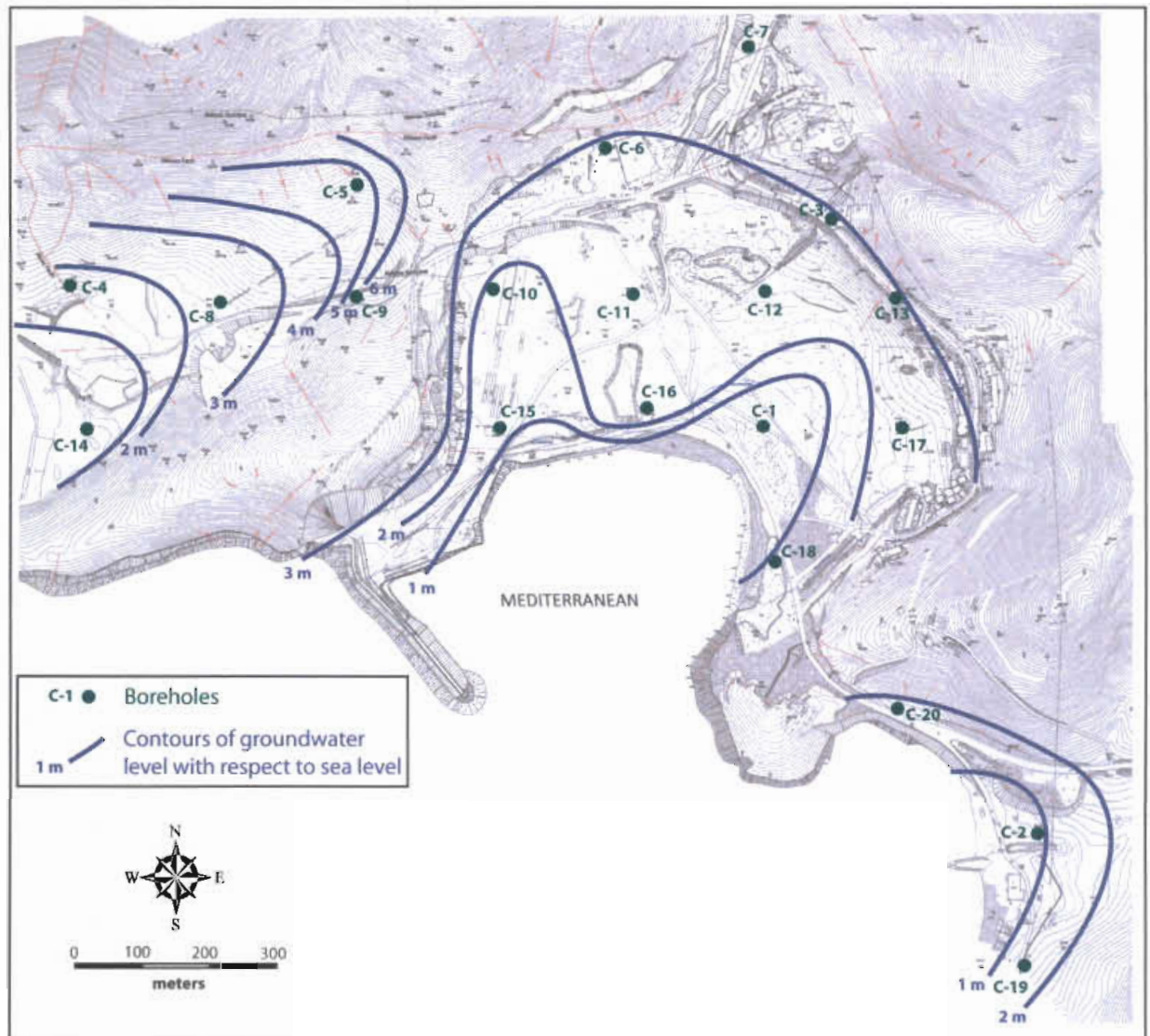


Рисунок 6-3.1 – Карта гидроизогипс по результатам наблюдений 2011 года

Физико-механические свойства грунтов

Физико-механические свойства грунтов по результатам инженерно-геологических изысканий

Физико-механические свойства грунтов по результатам исследований прошлых лет

Инженерно-геологические условия и физико-механические свойства грунтов приводятся по результатам выполненных инженерно-геологических изысканий 1976-1982 годов на участке «Аккую I».

В основании участка залегают четвертичные отложения аллювиального и элювиально-делювиального генезиса, а также отложения почвенно-растительного слоя, локально перекрывающие коренные породы среднего девона формации Büyükceci, представленные в основном скальными и полускальными осадочными карбонатными породами (доломитизированными известняками, доломитами). Коренные

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-31



отложения характеризуются наклонным залеганием, неоднородностью состава, разной степенью сохранности, трещиноватости, выветрелости.

На основании анализа результатов комплекса проведённых инженерно-геологических исследований, с учётом генезиса, состава и состояния грунтов основания в пределах участка изысканий выделено три основных геотехнических слоя:

- верхний слой (Т-слой);
- верхний слой коренного основания (U-слой);
- нижний слой коренного основания (L-слой).

Основные геотехнические характеристики выделенных слоев приведены в таблице 6-3.1.

Следует отметить, что с геологической и геотехнической точек зрения два различных слоя, а именно «Верхний слой» (Т-слой) и массив коренных отложений легко распознаваемы.

Разделение массива коренных пород формации Büyükeseli на геотехнически значимые слои потребовало достаточно подробного анализа, так как свойства массива в целом определяются как материалом самой породы, так и степенью сохранности, трещиноватости, неоднородности состава пород, а также интенсивностью процессов выветривания материнской породы и проявлений процессов карстообразования.

В геотехническом отношении массив коренных пород формации Büyükeseli разделен на два слоя: ослабленный слой зоны разуплотнения сильнотрещиноватой, выветрелой материнской породы и подстилающий слой сохранного массива породы, именуемых «Верхний слой коренной породы» (U-слой) и «Нижний слой коренной породы» (L-слой), соответственно.

Граница между этими слоями скорее условная, чем отчётливо выраженная, но все проведенные полевые и лабораторные исследования подтверждают её существование.

При определении принадлежности исследуемой коренной породы к U- или L-слою учитывался ряд критериев, делящихся по своей значимости на две категории:

- критерии первого порядка, учитывающие частоту расположения трещин, значения проницаемости и скорости продольной волны (V_p);
- критерии второго порядка, учитывающие показатель качества породы (RQD), степень выветривания, скорость бурения, длину обсадных труб, модуль деформации, полученный по результатам прессиометрических испытаний и кажущееся сопротивление породы.

Верхний слой (Т-слой)

Верхний слой (Т-слой) выделен в четвертичных отложениях аллювиального и элювиально-делювиального генезиса, а также отложениях почвенно-растительного слоя. Отложения Т-слоя залегают с поверхности, не имеют выдержанного распространения и локально перекрывают коренные отложения формации Büyükeseli среднего девона.

Отложения представлены крупнообломочными и песчано-глинистыми грунтами с примесями органических веществ. Мощность слоя составляет 0...4,5 м.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-32



Верхний слой коренной породы (U-слой)

Верхний слой коренной породы (U-слой) выделен в коренных среднедевонских отложениях формации Būyūkeselі и характеризует зону ослабления, разуплотнения, тектонических нарушений, трещиноватости массива коренных пород площадки, залегает с поверхности или локально под отложениями Т-слоя.

Отложения представлены скальными и полускальными осадочными карбонатными породами, преимущественно доломитизированными известняками, доломитами, с прожилками кальцита, с прослоями мергелей, сланцеватой глины, песчаников, с линзами кварцита.

В составе U-слоя, в верхней его части, выделена хорошо сцементированная карбонатная брекчия предположительно дочетвертичного возраста. Из-за содержания известкового цемента брекчия сильно подвержена воздействию карбонатного выщелачивания и характеризуется наличием небольших полостей и пустот, выполненных карбонатным песчано-глинистым материалом.

Мощность брекчии составляет 1...4,8 м.

Нижний слой коренной породы (L-слой)

Нижний слой коренной породы (L-слой) выделен коренных среднедевонских отложениях формации Būyūkeselі и характеризует массив сохранных (материнских) горных пород, залегает под отложениями U-слоя.

Отложения представлены скальными и полускальными осадочными карбонатными породами, преимущественно доломитизированными известняками, доломитами, с прожилками кальцита, с прослоями мергелей, сланцеватой аргиллитоподобной глины, песчаников, с линзами кварцита. Мощность слоя предположительно составляет около 200 м.

Отложения равнины Аксас

Равнина Аксас расположена к западу от участка «Аккую I» (скважины № 84, 85, 88, и 89). Геотехнические условия данного участка представляют интерес, так как они могут являться грунтами основания сбросных сооружений охлаждающей воды.

Отложения представлены аллювиальными крупнообломочными, песчаными и глинистыми грунтами.

Физико-механические свойства аллювиальных грунтов долины Аксас изучены недостаточно. Данные, приведённые в таблице 6-3.1, дают ориентировочную оценку геотехнических свойств аллювиальных отложений.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-33



Таблица 6-3.1 – Основные геотехнические характеристики и физико-механические свойства выделенных слоев

Геотехнический слой	Частота распространения трещин	Показатель качества породы RQD, %	Плотность ρ , г/см ³	Угол внутреннего трения, ...°	Сцепление С, МПа	Модуль деформации Е, МПа	Динамический модуль сдвига G, МПа	Коэффициент Пуассона ν	Коэффициент проницаемости, ($k \cdot 10^{-4}$), м/с
Т-слой	-	0	1,70...2,00	28...38	0...20	5...30*	-	-	-
У-слой	$\geq 15 \text{ м}^{-1}$	10,5	2,25...2,60	20...35	0...200	1000...3000 (иногда ≥ 20)	1600...2500	0,35...0,40	1,5...3,5 выше уровня моря 0,5...1,5 ниже уровня моря
Л-слой	$\geq 7 \text{ м}^{-1}$	21,2	2,50...2,75	30...45	0...500	2500...5000 (иногда ≥ 800)	5000...5400	0,30...0,40	0,09...0,5
Аллювий равнины Акзас	-	-	1,50...1,90	20...38	0...10	3...7*	-	-	-
* Значения модуля деформации даны по результатам компрессионных испытаний									

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-34



Физико-механические свойства грунтов по результатам инженерно-геологических изысканий, проведенных в 2011 году

С поверхности на участке проводимых предпроектных инженерно-геологических работ залегают четвертичные отложения (аллювиальные и элювиально-делювиального отложения, отложения почвенно-растительного слоя и насыпные техногенные образования), которые перекрывают коренные породы верхнего и среднего девона формации Akdere и Büyükeseli.

Коренные отложения представлены в основном скальными и полускальными осадочными карбонатными породами, характеризуются наклонным залеганием неоднородностью состава, разной степенью сохранности, трещиноватости, выветрелости.

Сложность инженерно-геологических условий и объем инженерно-геологических работ на предпроектной стадии не позволили выполнить пространственное литологическое расчленение (выделение инженерно-геологических слоев и элементов) в толще пачек Db 1-8 формации Büyükeseli и формации Akdere. Поэтому физико-механические свойства приводятся для литологических разностей, встреченных в процессе буровых работ.

В результате буровых работ, полевых геотехнических и лабораторных работ физико-механические свойства получены для 10 литологических разностей грунтов.

Распределение показателя качества породы (RQD, %) с глубиной для каждой литологической разности представлено в таблице 6-3.2.

Таблица 6-3.2 – Процентное распределение значений RQD для литологических разностей

Литологическая разность	Номер скважины	Показатель качества породы RQD, %			
		0...25	25...50	50...75	75...100
(2) Доломитизированный известняк	С-1	100	-	-	-
	С-2	52	9	27	12
	С-3	52	48	-	-
	С-4	-	25	-	75
	С-5	72	23	2	3
	С-6	45	35	20	-
	С-8	81	19	-	-
	С-10	66	34	-	-
	С-11	83	17	-	-
	С-12	100	-	-	-
	С-13	100	-	-	-
	С-14	63	31	6	-
	С-15	80	20	-	-
	С-16	35	50	15	-
	С-17	100	-	-	-
	С-18	83	17	36	-
	С-19	6	14	54	54
	С-20	8	8	-	30

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-35



Литологическая разность	Номер скважины	Показатель качества породы RQD, %			
		0...25	25...50	50...75	75...100
(3) Мегабрекчия	C-3	100	-	-	-
	C-4	18	82	-	-
	C-6	-	97	3	-
	C-8	66	34	-	-
	C-10	76	13	11	-
	C-11	32	68	-	-
	C-13	55	40	5	-
	C-14	-	100	-	-
	C-15	50	38	9	2
	C-16	-	24	76	-
	C-19	-	100	-	-
	C-20	-	36	32	32
(4) Мудстоун	C-3	100	-	-	-
	C-4	100	-	-	-
	C-18	100	-	-	-
	C-19	69	-	31	-
(5) Вакстоун	C-4	-	-	100	-
	C-6	29	15	19	37
	C-19	-	14	43	40
(6) Кварцитовый песчаник	C-4	76	24	46	-
	C-6	-	100	-	-
	C-8	100	-	-	-
	C-14	69	-	31	-
(7) Вакстоун/ Мудстоун	C-14	-	41	59	-
	C-19	15	26	37	22
(8) Материал-заполнитель полостей (каверн)	C-4	36	-	64	-
	C-17	100	-	-	-
(9) Зона дробления (разрушения)	C-3	100	-	-	-
	C-7	100	-	-	-
	C-8	100	-	-	-
	C-9	100	-	-	-
	C-12	100	-	-	-
	C-14	100	-	-	-
	C-17	100	-	-	-
	C-18	100	-	-	-
(10) Доломитовый известняк с прослоями брекчии	C-16	100	-	-	-
	C-7	24	35	32	9

По результатам прессиометрических испытаний значения модуля упругости приведены в таблице 6-3.3.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-36



Таблица 6-3.3 – Модуль упругости (Menard) для литологических разностей грунтов

Литологическая разность	Скважина	Em, МПа
(1) Насыпные грунты планировки	С-12	722
	С-17	30 - 35
(2) Доломитизированный известняк	С-5	Верхние горизонты: 292 - 800
		На глубине: 1140 - 8319
	С-10	7365 - 19795
	С-11	Сильновыветрелые участки: 20 - 995
		Слабо и средневыветрелые участки: 1576 - 9698
	С-12	715 - 2980
	С-17	152
	С-18	1400 - 5100
(3) Брекчия/Мегабрекчия	С-10	300 - 9850
	С-11	690 - 1550
(9) Зона дробления (разрушения)	С-5	20 - 25
	С-7	50 - 1450
	С-12	20 - 570
	С-18	200 - 220

Распределение модуля деформации относительно высотной отметки представлено на рисунке 6-3.2.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-37

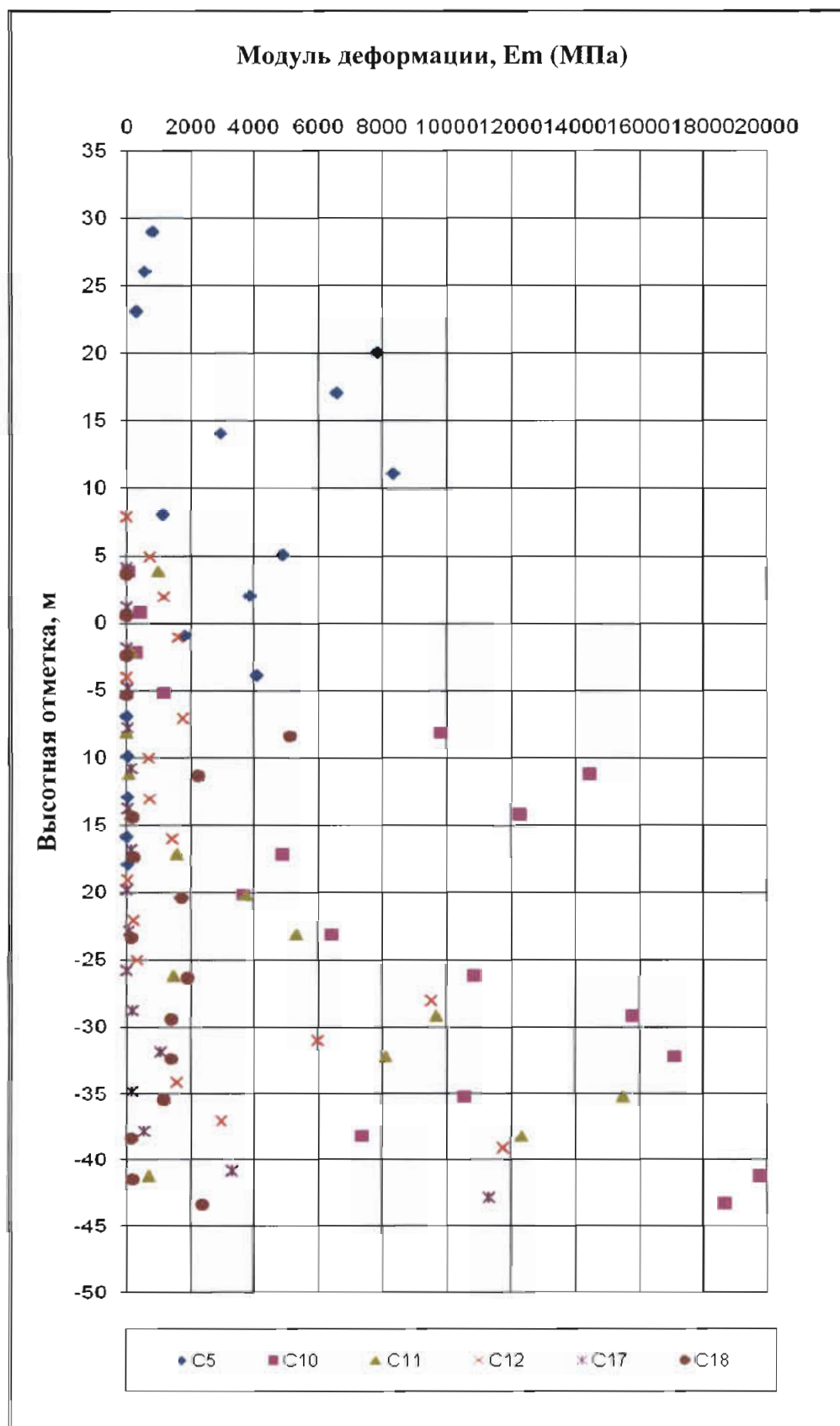


Рисунок 6-3.2 – Распределение модуля деформации в зависимости от высотной отметки

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-38



Результаты лабораторных определений физико-механических свойств для каждой литологической разности, приведены в таблице 6-3.4.

Таблица 6-3.4 – Результаты лабораторных исследований

Литологическая разность	Предел прочности на одноосное сжатие σ_c , МПа	Удельный вес ρ , кН/м ³ (в воздушно-сухом состоянии)	Сцепление c , МПа	Угол внутреннего трения φ , °	Модуль Юнга E , МПа	Коэффициент Пуассона, μ	Скорректированный показатель прочности при сосредоточенной нагрузке Ip (50), МПа
(1) Насыпные грунты планировки	-	-	-	-	-	-	2,20
(2) Доломитизированный известняк	11,3-99,65	22,90-29,43	11-12	39-41	3068,97-17066,12	0,11-0,26	0,28-8,19
(3) Мегабрекчия	9,27-65,93	24,70-28,10	16-23	35-36	4341,46-12552,94	0,26-0,35	0,12-6,60
(4) Мудстоун	56,15-83,43	26,04-27,12	-	-	-	-	0,69-9,69
(5) Вакстоун	23,82-53,08	25,38-27,10	-	-	17890,16	0,16	0,90-6,11
(6) Кварцитовый песчаник	36,92	25,60-26,50	-	-	-	-	2,09-2,78
(7) Вакстоун/Мудстоун	11,49-63,40	25,99-28,73	-	-	1887,10	0,21	0,96-7,04
(8) Материал-заполнитель полостей (каверн)	-	-	-	-	-	-	0,27
(9) Зона дробления (разрушения))	-	-	-	-	-	-	-
(10) Доломитовый известняк с прослоями брекчии	-	-	-	-	-	-	-

Физико-механические свойства грунтов площадки по геофизическим данным

В разные годы геофизическими методами изучались сейсмические, электрические, гравитационные и магнитные свойства пород, а также физико-механические свойства грунтов в естественном залегании.

Сейсмические свойства грунтов

Сейсмические свойства по результатам исследований прошлых лет

Динамические параметры по результатам сейсмического профилирования методом преломленных волн

Сейсморазведка методом преломленных волн выполнялась на каждом из трех этапов исследований площадки АЭС «Аккую» в период с 1975 по 1986 год.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-39



В рамках первого этапа в 1975 году на стадии предварительных изысканий были выполнены сейсмические наблюдения методом преломленных волн (МПВ) на шести профилях.

В ходе выполненных работ МПВ были определены скорости распространения продольных волн (V_p) по шести профилям до глубины минус 30...минус 50 м ниже уровня моря.

По результатам сейсморазведочных работ геологический разрез был представлен двухслойной моделью [1].

Верхний слой, мощность которого, в среднем, составляет 25 м, представляет собой сильно трещиноватый доломитизированный известняк, характеризующийся средним значением $V_p = 2800$ м/с при диапазоне изменения от 2000 до 3500 м/с.

Нижний слой – это доломитизированный известняк той же формации, но относительно сохранный, для которого характерно среднее значение V_p , равное 4000 м/с при диапазоне изменения от 3700 до 4500 м/с.

Подосва верхнего, трещиноватого слоя, находилась, в среднем, между 10...20 м ниже уровня моря: с увеличением до 0...10 м ниже нулевой отметки в северной части площадки и до 20...40 м ниже уровня моря в восточной ее части.

Более низкие значения V_p , равные 600...2000 м/с, как правило, отмечены в верхних 5...15 м изученного разреза. Такие значения скорости продольных волн считаются характерными (типичными) для современных (четвертичного возраста) брекчированных пород, имеющих развитие на площадке и встречающихся в верхней части разреза.

По результатам предварительных исследований на первом этапе работ любые карстовые полости или пустоты, заполненные раствором или крупные нарушения непрерывности не могли быть выявлены.

На втором этапе работ в 1977...1978 годах были выполнены как наземные работы (МПВ), так и скважинные исследования методом сейсмического профилирования (СП) на участке размещения первого блока АЭС.

Результатом сейсмических исследований второго этапа стало представление геологического основания по продольным скоростям как трехслойной (а на отдельных участках – четырехслойной), а не двухслойной модели [2].

Трехслойная модель геологического основания представлена в таблице 6-3.5.

Таблица 6-3.5 – Характеристика геологического основания по продольным скоростям по результатам второго этапа изысканий

Слой	Скорость продольных волн (V_p), м/с	Глубина, м
1	400 - 900	0 - 5
2	1500 - 3300	5 - 20
3	3500 - 5600	≥ 20

Сейсмическое профилирование было выполнено в восьми скважинах глубиной 50 м.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-40



Значения скоростей продольных волн V_p , полученные в результате сейсмического профилирования в скважинах в интервале глубин от 5 до 50 м ниже, чем значения V_p , полученные наземным методом. Они лежат преимущественно в диапазоне от 3000 до 3500 м/с.

На третьем этапе изысканий сейсморазведка МПВ была выполнена по семи профилям на участке размещения первого блока и вдоль планируемого участка размещения сбросного канала охлаждающей воды. Определялись скорости распространения продольных и поперечных волн [3].

Результаты сейсморазведки, выполненной на третьем этапе, также описываются трехслойной моделью, представленной в таблице 6-3.6.

Таблица 6-3.6 – Характеристика геологического основания по скоростям упругих волн по результатам изысканий третьего этапа

Слой	Средние значения скоростей упругих волн, м/с		Мощность слоя, м
	продольные (V_p)	поперечные (V_s)	
1	1130	-	от 1 до 5
2	2000	900	от 8 до 40
3	4100	1400	-

Границы слоев соответствуют литолого-стратиграфическим границам, определенным по каротажу и тектоническому строению, а характер распространения упругих волн подтверждает их зависимость от степени сохранности скального основания, обусловленной в первую очередь степенью выветривания и трещиноватости массива.

В результате анализа всех данных, полученных на трех этапах исследований, геологическое основание аппроксимировано обобщенной трехслойной моделью, представленной в таблице 6-3.7.

Граница между слоями 2 и 3 является подошвой зоны выветривания и одновременно кровлей сохранных скальных пород

Таблица 6-3.7 – Обобщенная трехслойная сейсмическая модель геологического основания

Слой	Скорости упругих волн, м/с		Мощность слоя, м
	продольные (V_p)	поперечные (V_s)	
1	970 - 1350	не определены	до 2 - 5
2	1800 - 2300	800 - 1000	до 10 - 40
3	3700 - 4300	1380 - 1430	более 50

По средним значениям скоростей упругих волн были рассчитаны коэффициенты Пуассона и динамические модули упругости и сдвига.

Удельный вес массива породы для каждого слоя принимался равным: $\rho_s = 20,0 \text{ кН/м}^3$ – для слоя 1; $\rho_s = 24,0 \text{ кН/м}^3$ – для слоя 2; $\rho_s = 26,0 \text{ кН/м}^3$ – для слоя 3.

Так, коэффициент Пуассона для первого и второго слоев оказался примерно равен 0,39, для третьего $\mu \sim 0,425$.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-41



В таблице 6-3.8 представлены значения динамического модуля сдвига G_d , определенного по средним значениям скоростей распространения поперечных волн (V_s).

Таблица 6-3.8 – Динамические модули сдвига для слоев 2 и 3

Слой	Динамический модуль сдвига G_d , МН/м ²		
	Диапазон	Среднее	Среднестатистическое отклонение
2	1600 - 2500	2000	380
3	5000 - 5400	5200	260

Динамические модули упругости E_d были пересчитаны в статические модули продольной упругости $E_{ст}$. Для этого использовалась корреляционная зависимость (Kujudzic, 1974), полученная экспериментальным путем, имеющая вид

$$E_{ст} = E_d / (5,3 - E_d / 20000) \quad (1)$$

В таблице 6-3.9 приведены средние значения статического модуля продольной упругости $E_{ст}$, полученного путем пересчета из E_d с помощью корреляционной зависимости (1).

Таблица 6-3.9 – Статические модули продольной упругости

Слой	Статический модуль продольной упругости $E_{ст}$, МН/м ²		
	Диапазон	Среднее	Среднестатистическое отклонение
1	100 - 190	140	40
2	800 - 1300	1020	190
3	2700 - 4000	3400	40

Анализ корреляционной зависимости (1) между E_d и $E_{ст}$ показывает, что соотношение $E_{ст}/E_d$ обычно возрастает примерно с 0,15 до 0,5 при возрастании $E_{ст}$ от 10^3 до 10^4 МН/м².

Согласно (1) соотношение между $E_{ст}$ и E_d следующее:

- для слоя 1 - $E_{ст}/E_d = 0,19$;
- для слоя 2 - $E_{ст}/E_d = 0,20$;
- для слоя 3 - $E_{ст}/E_d = 0,23$.

Соотношение для слоя 3 хорошо согласуется с соотношением E_L/E_d для этого же слоя, где E_L - модуль продольной упругости, полученный по результатам полевых дилатометрических испытаний.

Динамические параметры по результатам межскважинного сейсмического просвечивания

Первые работы методом межскважинного сеймопросвечивания были выполнены на втором этапе исследований площадки по периметру первого блока [4, 5]. Однако в процессе работ не были выполнены некоторые из нижеперечисленных основных требований, предъявляемых к методике производства работ. А именно:

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-42



- устранение возможных нелинейностей источника;
- недопущение погрешностей при первых замерах;
- правильный выбор расстояния между исследуемыми скважинами, которые должны располагаться достаточно далеко друг от друга, чтобы обеспечить ощутимую разницу во времени прохождения для V_s и достаточно близко, чтобы снизить возможность регистрации преломленных волн от смежных, но более «быстрых» слоев;
- учет возможного отклонения исследуемых скважин от вертикали, т.е. правильное определение расстояния между скважинами.

Обобщенные данные по скоростям упругих волн, измеренным при проведении межскважинного просвечивания, приведены в таблице 6-3.10.

Таблица 6-3.10 – Характеристика скального основания по сейсмическим свойствам по результатам полевых испытаний межскважинным просвечиванием в основании первого блока на втором этапе изысканий

Слой	Глубина залегания относительно уровня моря, м	Скорость продольных волн V_p , м/с			Скорость поперечных волн V_s , м/с		
		диапазон	среднее	среднестатистическое отклонение	диапазон	среднее	среднестатистическое отклонение
2	От +2 до -15	1900 - 3980	2900	550	800 - 2180	1500	370
3	От -15 до -30	2450 - 5090	4300	710	1440 - 2700	2210	390
4	Ниже - 30	4085 - 5160	4500	390	1770 - 3900	2750	790

Средние значения упругих волн, полученные по результатам межскважинных испытаний, в целом более высокие, чем те же значения, полученные наземной съемкой МПВ и характеризуются высокими отклонениями

Одной из основных причин этого является изменение расстояний между исследованными скважинами от 15 до 30 м.

Поэтому, чтобы скорректировать разницу в значениях скоростей, полученных в скважинах, расположенных на расстоянии 30 м и на расстоянии 15 м, при глубине 35 м от поверхности, вводился поправочный коэффициент: для $V_p \sim 0,9$; для $V_s \sim 0,7$.

Ниже глубины 35 м этот коэффициент принимался равным 1, т.к. на такой глубине при расстоянии между скважинами 15 или 30 м расхождения в определяемых значениях скоростей незначительны.

В таблице 6-3.11 приведены средние значения скоростей распространения упругих волн с учетом поправочных коэффициентов, коэффициент Пуассона и динамический модуль сдвига, рассчитанные по скорректированным средним значениям скоростей по результатам межскважинного просвечивания [4].

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-43



Таблица 6-3.11 – Динамические характеристики скального основания

Слой	Глубина залегания относительно уровня моря, м	Скорости упругих волн, м/с		Динамический модуль сдвига Гд, МН/м ²	Коэффициент Пуассона μ
		Vp	Vs		
1	От поверхности до + 2	1130	~ 500	500	0,38
2	От + 2 до - 15	2700	1200	3500	0,38
3	От -15 до - 30	3600	1860	9100	0,32
4	Ниже - 30	4500	2750	20000	0,20

Для первого слоя скорость поперечных волн при межскважинном просвечивании на втором этапе изысканий не была определена. Она получена из соотношения $V_p/V_s = 2,25$ исходя из значения $V_p = 1130$ м/с, определенного МПВ (таблица 6-3.11).

Удельный вес массива пород для слоев 2-4 принимался следующим:

- для слоя 2 - $\rho_s = 24,0$ кН/м³;
- для слоя 3 - $\rho_s = 26,0$ кН/м³;
- для слоя 4 - $\rho_s = 26,5$ кН/м³.

Кроме динамических модулей и коэффициента Пуассона, на втором этапе изучался коэффициент демпфирования грунта D [4]. Для этого использовался логарифмический декремент затухания, определенный для частицы с единичной степенью свободы

$$LD = 2 \pi / \sqrt{1 - D^2} \quad (\text{Richart и др., 1970}).$$

Полученный таким образом коэффициент демпфирования варьировал приблизительно между значениями 0,01 и 0,05 и в среднем составлял 0,03.

Оценка величины D делалась при следующих допущениях:

- демпфирование грунта не зависит от деформации в диапазоне действующих нагрузок;
- выходные значения регистратора отражают фактическое движение частиц в свободном поле;
- на измеренные амплитуды не влияют отраженные или преломленные волны.

Ни одно из этих условий не было соблюдено при оценке величины D.

Поэтому полученные значения коэффициента демпфирования нуждаются в корректировке.

По результатам изысканий на втором этапе работ были определены модули деформации для слоев 2, 3 и 4. Определение проводилось по методу «petite sismique» по корреляционной зависимости

$$E = 0,054 f - 9,2 (\text{МН/м}^2 \cdot 10^3), \quad (2)$$

где f – преобладающие частоты, полученные по результатам межскважинных просвечиваний на площадке.

Для слоя 2 – $f \sim 230$ Гц ; для слоев 3 и 4 (обобщенных) $f \sim 520$ Гц.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-44



Исходя из формулы (2) модули деформации скального основания соответствуют:

- для слоя 2 $E_{p.s.} \sim 3000 \text{ МН/м}^2$;
- для слоев 3 и 4 $E_{p.s.} \sim 19000 \text{ МН/м}^2$.

В 1986 исследования методом межскважинного просвечивания были выполнены повторно [5].

По результатам работ были определены скорости распространения упругих волн между скважинами для разных интервалов глубин, рассчитаны динамические модули упругости и сдвига.

Результаты межскважинного просвечивания 1986 года представлены в таблице 6-3.12.

Схема расположения линий (профилей) представлена в отчете [5].

Таблица 6-3.12 – Динамические характеристики скального основания по результатам межскважинного просвечивания 1986 года

Линия	Интервал глубин, м							
	5...25 ,				25...100 ,			
	V_p , м/с	V_s , м/с	Ед, МПа	Гд, МПа	V_p , м/с	V_s , м/с	Ед, МПа	Гд, МПа
B1 - A	2640	1320	10^4	$4,1 \times 10^3$	4200	2160	3×10^4	$1,1 \times 10^4$
B1 – B2	2915	1510	$1,5 \times 10^4$	$5,8 \times 10^3$	4316	2230	3×10^4	$1,2 \times 10^4$
B1 – B3	2820	1380	$1,2 \times 10^4$	$4,2 \times 10^3$	4200	2200	3×10^4	$1,1 \times 10^4$
C1 - A	2800	1530	$1,3 \times 10^4$	5×10^3	4370	2190	$3,5 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$
C1 – C2	2800	1350	9×10^3	$3,5 \times 10^3$	4100	2020	$2,5 \times 10^4$	$9,5 \times 10^3$
C1 – C3	2850	1520	$1,4 \times 10^4$	$4,5 \times 10^3$	4170	2140	3×10^4	$1,1 \times 10^4$
D1 - A	2850	1500	$1,4 \times 10^4$	$4,2 \times 10^3$	4150	2100	$2,8 \times 10^4$	$1,1 \times 10^4$
D1 – D2	2830	1460	$1,2 \times 10^4$	$4,8 \times 10^3$	4130	2050	$2,6 \times 10^4$	$9,5 \times 10^3$
D1 - D3	2880	1560	$1,3 \times 10^4$	5×10^3	4200	2120	3×10^4	$1,1 \times 10^4$

Средние значения скоростей распространения упругих волн по трем исследованным направлениям в интервале верхних 25 м составляют:

- по линии B: $V_p = 2300 \text{ м/с}$; $V_s = 1160 \text{ м/с}$;
- по линии C: $V_p = 2460 \text{ м/с}$; $V_s = 1370 \text{ м/с}$;
- по линии D: $V_p = 2470 \text{ м/с}$; $V_s = 1430 \text{ м/с}$.

Ниже 25 м средние значения скоростей упругих волн составляют:

$V_p = 4200 \text{ м/с}$; $V_s = 2100 \text{ м/с}$.

Сейсмические свойства по современным данным

Сейсмические свойства грунтов на современном этапе, в 2011 году, изучались наземными и скважинными методами.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-45



Схема расположения геофизических профилей и скважин, в которых были выполнены геофизические исследования, совмещена с результатами наземной съемки и приведена на рисунке 6-3.3.

Из наземных сейсмических методов использовались:

- сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ) – для определения скорости распространения продольных волн (V_p);
- сейсморазведка методом многоканального анализа поверхностных волн в комплексе с анализом микросейсмических колебаний (Surface Wave Method Survey (ReMi/MASW)) – для определения скорости распространения поперечных волн (V_s).

Динамические параметры по результатам наземной съемки

Материалы работ методами наземной сейсморазведки представлены в отчете [6].

Сейсморазведка МПВ выполнена вдоль профилей с расстоянием 5 м между соседними сейсмоприёмниками.

Методом преломленных волн определены скорости распространения волн V_p . Результаты МПВ представлены в виде сейсмических разрезов V_p по каждому профилю.

Скорости поперечных волн (V_s) определялись по методу многоканального анализа поверхностных волн (MASW) в комплексе с анализом микросейсмических колебаний (ReMi) и оценивались для каждой расстановки сейсмоприёмников.

По значениям скоростей распространения продольных волн геологическое основание площадки Аккую описывается следующим образом.

Породы северо-западной части участка исследований характеризуются значениями V_p в пределах от 600 до 3700 м/с. Значение V_p в районе бухты Aksaz и в северной части площадки АЭС Аккую изменяется в пределах 770...3700 м/с.

В бухте Çamalanı значения V_p лежат в диапазоне от 800 до 3800 м/с.

Породы, слагающие формацию Büyükeceli, отложения которой являются основанием проектируемых сооружений, характеризуются диапазоном изменения скорости продольных волн V_p от 800 до 3800 м/с.

В целом, по результатам наземной сейсмической съемки в разрезе выделяются, как правило, три или четыре сейсмических слоя.

Верхний слой, а на отдельных участках и второй от поверхности слой, не выдержаны по простирацию. Эти два слоя соответствуют рыхлым четвертичным отложениям или техногенным грунтам, которые присутствуют не повсеместно.

Коренные породы характеризуются высокими значениями скоростей распространения сейсмических волн, которые по данным наземных методов меняются в диапазонах: поперечные V_s от 300 до 3000 м/с; продольные V_p - от 1000 до 4000 м/с.

В скальных коренных породах уверенно выделяются два слоя.

Верхний слой коренных пород, более трещиноватый, разной степени выветрелости, отмечается более низкими значениями как продольных, так и поперечных скоростей упругих волн. Кроме того, пониженные скорости наблюдаются в зонах тектонических нарушений или сильно трещиноватых зонах.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-46



Нижний слой на сейсмических разрезах соответствует сохранным коренным породам и характеризуется высокими значениями скоростей: V_p от 3300 до 3900 м/с; V_s от 1600 до 2300 м/с.

Неровная поверхность преломляющей сейсмической границы или четко выраженное в разрезе нарушение сейсмической однородности вдоль профиля обуславливаются, как правило, структурно-тектоническим нарушением, разломом или геологической границей в исследуемом разрезе.

Динамические параметры грунтов, рассчитанные по скоростям сейсмических волн, полученных наземными методами, представлены для каждого профиля в табличной форме в отчете [6].

Удельные веса, использованные при вычислениях, были получены расчетным путем исходя из значений сейсмических скоростей и динамических модулей.

В целом, сохранные коренные породы характеризуются высокими значениями скоростей сейсмических волн.

Пониженные скорости наблюдаются там, где породы трещиноватые, подвержены выветриванию или в зонах тектонических нарушений.

Динамические параметры по результатам геофизических исследований в скважинах

Сейсмические характеристики грунтов изучались двумя скважинными методами:

- методом акустического каротажа (Sonic Logging);
- методом сейсмического каротажа (PS Logging).

Динамические свойства по данным акустического каротажа (Sonic Logging)

Полевые записи материалов акустического каротажа представлены в приложении к отчетам [7, 8].

По данным акустического каротажа были определены скорости распространения продольных V_p и поперечных V_s упругих волн, рассчитаны динамические модули Юнга E_d и сдвига G_d , а также коэффициент Пуассона μ .

Поскольку акустический каротаж выполнялся в необсаженных интервалах скважин, верхние, наиболее трещиноватые интервалы, подвергнувшиеся разной степени выветривания, акустическим каротажом не изучены, т.к. были перекрыты обсадными трубами.

Таким образом, по результатам акустического каротажа можно охарактеризовать только сохранные интервалы коренных пород.

Обсадными трубами в разных скважинах были перекрыты интервалы глубин от 5 до 30 м.

По данным акустического каротажа скорости упругих волн в слое сохранных коренных пород меняются в пределах: V_p – от 3700 до 6400 м/с; V_s – от 1400 до 3500 м/с.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-47



Средние значения скоростей распространения упругих волн в сохранных коренных породах по результатам акустического каротажа соответствуют для продольных волн V_p значениям около 4000 м/с, для поперечных V_s – примерно 2000 м/с.

Динамические свойства по данным сейсмического каротажа (PS Logging)

По результатам сейсмического каротажа определены скорости распространения продольных V_p и поперечных V_s волн по каждой из 20 исследованных скважин. Полное описание методики и результатов работ приведены в отчетах [9, 10].

Сейсмический каротаж выполнялся в скважинах, обсаженных пластиковыми трубами. Затрубное пространство было зацементировано.

Сейсмическим каротажом скважины было исследованы на всю глубину, включая верхний, трещиноватый слой, соответствующей зоне выветривания коренных пород.

По скоростям распространения сейсмических продольных и поперечных волн были рассчитаны динамические параметры грунтов по каждой скважине.

Значения плотности грунта, использованные в расчетах при определении динамических модулей, определялись эмпирическим путем по скоростям распространения сейсмических волн.

По данным сейсмического каротажа были рассчитаны средние значения V_s для верхнего слоя пород мощностью 30 м. V_{s30} рассчитывались для каждой скважины как $V_{s30} = 30 / \sum (h_i/V_{si})$. Полученные значения приведены в отчетах [9, 10].

Характеристика площадки по сейсмическим свойствам

На основании сейсмических характеристик, полученных на ранних стадиях исследования, с 1975 по 1986 годы, площадку можно охарактеризовать следующим образом:

- согласно п. 3.1 категоризации площадок стандарта МАГАТЭ «Геотехнические аспекты оценок площадок и оснований АЭС. Руководство по безопасности № NS-G-3.6» площадка АЭС «Аккую» классифицируется как площадка типа 2, для которой поперечная скорость V_s среды основания непосредственно ниже подошвы фундамента в естественных условиях отвечает соотношению $1100 \text{ м/с} > V_s > 300 \text{ м/с}$;

- согласно турецким нормам 1998 Turkish Earthquake Code грунтовое основание площадки относится к грунтам группы в (Soil Group B), что соответствует классу Z1 (Local Site Class Z1: Group B soils with $h_1 \leq 15 \text{ м}$);

- согласно европейским нормам NEHRP 2000 Provisions площадка АЭС «Аккую» по сейсмическим свойствам также относится к классу B, т.к. для нее выполняется условие: $V_s = 760...1500 \text{ м/с}$.

По результатам комплексной интерпретации наземных и скважинных геофизических исследований, проведенных на площадке летом 2011 года [6-10, 14], выполнена классификация грунтов площадки по сейсмическим свойствам согласно Eurocode 8 (CEN, 2004 and SIST EN 1998-1, 2005), которая представлена в таблице 6-3.13.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-48



Таблица 6-3.13 – Классификация грунтов согласно Eurocode 8

Грунт	Геотехническое описание	V_{s30} , м/с
A	Скальный грунт или похожий на скальный грунт геологический слой, включая самое большее 5 м слабого материала на поверхности	>800
B	Отложения очень плотного песка, гравия, или тугопластичной глины, мощностью минимум несколько десятков метров, характеризующиеся постепенным увеличением механических свойств с глубиной	360...800
C	Отложения плотного или среднего песка, гравия или среднепластичной глины мощностью от нескольких десятков до многих сотен метров	180...360
D	Отложения от рыхлого до среднего несвязного грунта (с или без других связных грунтов), или преимущественно от мягкого до плотного связного грунта	<180
E	Верхний слой почвы, состоящий из поверхностного аллювиального слоя со значениями V_s типов C или D и мощностью, изменяющейся в пределах приблизительно от 5 и 20 м, с лежащими в основе коренными породами с $V_s > 800$ м/с	

Определяющим критерием в данной классификации является значение скорости поперечных волн $V_s = 800$ м/с, которое принимается в качестве среднего значения для верхней толщи грунтов мощностью 30 м.

Согласно Eurocode 8 грунты площадки АЭС «Аккую» классифицируются следующим образом:

- грунты участка, расположенного севернее линии расположения скважин № 8...13 (рисунок 6-3.3), соответствуют классу B; для них $V_{s30} < 800$ м/с;
- грунты участка площадки, расположенного южнее линии расположения скважин № 8...13, соответствуют классу A; для них $V_{s30} > 800$ м/с.

Предварительно определена мощность зоны выветривания коренных пород в пределах исследованного участка площадки АЭС «Аккую».

Глубина залегания подошвы зоны выветривания коренных пород определялась по сейсмическим параметрам грунтового массива. За подошву зоны выветривания принималась сейсмическая граница $V_s > 800$ м/с.

Мощность зоны выветривания увеличивается в северном направлении, где на состоянии грунтового массива сказывается влияние разломов Аккую и Акзас. в северной части площадки мощность зоны выветривания достигает максимального значения, равного 32 м.

Максимальное значение зоны выветривания грунтов на участке бухты Аккую составляет 16 м.

В целом на площадке АЭС «Аккую» по данным предварительных изысканий мощность зоны выветривания изменяется от 5 до 32 м.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-49



По результатам предварительных изысканий скальное основание площадки АЭС «Аккую» подразделяется на два слоя.

Первый (верхний) слой – зона выветривания коренных пород, мощность которой меняется на разных участках от 5 до 35 м.

Слой, соответствующий выветрелым породам, характеризуется средними значениями динамического модуля упругости E_d порядка $1,0...1,3 \times 10^4$ МПа и модулем сдвига G_d порядка $3,5...4,5 \times 10^3$ МПа.

Второй от поверхности слой – слой сохранных коренных пород. Породы, слагающие этот слой, характеризуются динамическим модулем упругости около $3,0 \cdot 10^4$ МПа, модулем сдвига G_d около $1,0...1,5 \cdot 10^4$ МПа и коэффициентом Пуассона $\mu = 0,28...0,36$.

Динамические характеристики и двухслойная сейсмогеологическая модель коренных пород являются предварительными и в определенной степени условными.

Обращаем внимание, что в современную модель не включены современные отложения четвертичного возраста, залегающие на коренных породах (в моделях прошлых лет – слой 1).

Это объясняется двумя причинами:

- во-первых, по скоростям V_s наиболее полно разрез охарактеризован на основании данных сейсмического каротажа (PS-logging); однако верхние 3...5 метров разреза, которые и определяют, в первую очередь, сейсмические свойства слоя 1, остались неизученными; методом акустического каротажа изучена только та часть разреза, которая не скрыта обсадными трубами, т.е. сохранные породы;

- во-вторых, учитывая, что в дальнейшем площадка будет выравниваться до планировочной отметки, свойства слоя 1 неизбежно изменяться и нет особого смысла в их детальном исследовании на стадии предварительных изысканий.

Структурно-геологическое строение площадки весьма сложное и, вероятно, после выполнения следующего этапа изыскательских работ его обоснованно можно будет охарактеризовать не одной, а двумя-тремя сейсмогеологическими и геотехническими моделями.

Очевидно, что коренное основание по сейсмическим свойствам будет характеризоваться не менее чем двумя слоями, соответствующими выветрелым и сохранным коренным породам.

Электрические свойства грунтов

Электрические свойства по результатам исследований прошлых лет

Электрические свойства грунтов площадки изучались на первых двух этапах изысканий [1, 11].

На первом этапе были выполнены наземные работы методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) с полуразносами $AB/2 = 300$ м и электрокаротаж в скважинах в 6 скважинах, находящихся на линиях профилей ВЭЗ.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-50



По результатам наземных работ были построены два геоэлектрических разреза по профилям К-1 и К-2 [1], на которых представлены изменения электрического сопротивления по профилю до глубины минус 100 м.

По результатам электрического каротажа [12, 13] представлены диаграммы изменения с глубиной электрического сопротивления по каждой скважине и потенциала самопроизвольной поляризации. Количественная интерпретация диаграмм электрического каротажа не проводилась, т.е. удельные электрические сопротивления УЭС (ρ_n , Ом·м), также как и относительные $P = \rho_n / \rho_w$ (где ρ_w – сопротивление воды в скважине) – определены не были. Интерпретация носила качественный характер.

В целом, на уровне качественной интерпретации (больше – меньше) диаграммы электрического каротажа согласуются с результатами наземных электроразведочных работ.

По электрическим свойствам в разрезе выделены три интервала.

Первый от поверхности интервал мощностью 10...12 м характеризуется низким удельным сопротивлением.

Второй, нижележащий интервал, мощностью 20...25 м, в целом отмечается высокими значениями УЭС, лежащими в диапазоне примерно от 250 до 650 Ом·м. Внутри этого интервала могут встречаться слои более низкого сопротивления.

Третий интервал глубин, примерно с отметки минус 30 м и глубже, характеризуется значительно более низкими УЭС. в верхней части разреза ρ_n составляет, 150...200 Ом·м, с глубиной сопротивление уменьшается и на отметках минус 50...минус 100 м падает до значений 20...70 Ом·м, а на отдельных участках и ниже.

По результатам наземных электроразведочных работ и электрического каротажа был сделан вывод о наличии в интервале глубин 35...55 м большой открытой трещиноватости, не заполненной глинистым материалом.

На втором этапе изысканий электроразведочные работы были продолжены.

Были выполнены наземные электрические зондирования симметричной установкой Виннера с расстояниями между электродами 5, 10, 15, 20 и 50 м и электрический каротаж в скважинах.

По результатам наземных работ были построены карты изолиний кажущегося электрического сопротивления ρ_k для перечисленных полуразносов, соответствующих определенной глубине исследования.

Были также отрисованы геоэлектрические разрез по семи профилям до глубин от 50 до 100 м.

Отмечено снижение кажущегося электрического сопротивления с глубиной, в особенности в направлении моря, которое особенно резко выражено ниже отметок 20...30 м, считая от уровня моря. на этой глубине ρ_k снижается до значений в первые десятки Ом·м. Очевидно, это связано с высокой минерализацией и, соответственно, очень низким сопротивлением морской воды, заполняющей открытые трещины и пустоты скального массива. Поэтому результаты в виде измеренных значений кажущихся электрических сопротивлений (ρ_k) ниже отметок минус 20 м не отражают

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-51



истинные электрические свойства пород, но качественно характеризуют степень трещиноватости массива в целом.

По данным второго этапа исследований породы, слагающие скальное основание площадки АЭС, характеризуются УЭС в диапазоне от 50 до 700 Ом·м. При этом, сопоставляя результаты первого и второго этапов, следует иметь ввиду, что работы выполнялись в разные месяцы года. Зимний период с ноября по февраль является сезоном дождей, когда уровень грунтовых вод может быть существенно выше, чем в летний период, а минерализация меняться с глубиной.

На втором этапе по картам рп выделены три аномальных зоны относительно низкого сопротивления от 50 до 150 Ом·м, которые связывают с повышенной трещиноватостью и водонасыщением или с заполнением трещин глинистым материалом.

По результатам электроразведочных работ, выполненных на первом и втором этапах изысканий, крупных полостей и пустот в массиве скального основания не было обнаружено.

Электрические свойства по современным данным

Электрическое сопротивление пород охарактеризовано по результатам интерпретации двух методов: электроразведки методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) и двумерного профилирования (2D-Resistivity или Электротомографии).

Методика производства и интерпретация материалов, а также все графические материалы и кривые ВЭЗ приведены в отчетах [6, 14].

На значение удельного электрического сопротивления существенное влияние оказывают грунтовые воды.

Особенно снижает УЭС массива горных пород проникновение соленой воды, понижая удельное сопротивление до значения в 1 Ом·м.

По мере удаления от берега моря вглубь материка, влияние соленой воды замещается влиянием более пресных грунтовых вод, которые отмечаются более высокими, по сравнению с морской водой, значениями электрического сопротивления.

Следует отметить, что в некоторых местах влияние соленой воды наблюдается и в более глубоких частях разрезов. Большая дифференциация геоэлектрических разрезов по электрическим сопротивлениям наблюдается и на разрезах ВЭЗ, и на разрезах 2D инверсии.

Резкие изменения значений УЭС в плане и по глубине связаны с наличием разломов и структурно-тектонических границ в коренных скальных породах в пределах площадки.

Сохраненный скальный массив характеризуется высокими значениями удельного электрического сопротивления. Низкие значения сопротивлений, наблюдаемые в скальном массиве, связаны с трещиноватостью и выветриванием пород, влиянием грунтовой и морской воды, заполняющей трещины в горной породе, а также зонами разломов или другими тектоническими нарушениями.

В северной части площадки очевидно влияние разлома Аккую, простирающегося в направлении восток-запад.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-52



С глубиной значения ρ_k возрастают.

Удельная электропроводность воды в скважинах меняется в диапазоне 1000...1200 мкС/см.

В некоторых скважинах, где наблюдается проникновение соленой морской воды, электропроводность жидкости достигает уровней от 10 000...30 000 мкС/см.

На рисунке 6-3.3 показаны комплексные результаты наземных работ.

Участки профилей, где были отмечены аномалии, нарушения однородности электрических или сейсмических свойств пород, резкие изменения свойств и др., показаны на профилях разным цветом.

Обобщенные данные по УЭС и сейсмические свойства пород приведены в табличной форме в отчете [9].

Плотность и пористость грунтов в естественном залегании

Плотность и пористость грунтов в естественном залегании определялась по результатам геофизических исследований в скважинах. Плотность – по данным плотностного гамма-гамма-каротажа, общая пористость – по данным акустического каротажа.

Значения пористости были определены для интервалов глубин, где в составе пород отсутствуют глинистые минералы, т.е. там, где значения естественного гамма-излучения являются минимальными [8].

Общая пористость сохранных карбонатных пород невысокая, меняется от 1 до 9 % и в среднем составляет 3...4 %. Результаты определения общей пористости представлены в [8]. Что касается минералогической плотности, то для доломитов она была принята равной 2,87 г/см³.

Плотность породы, в геологических описаниях называемой «доломитизированный известняк», которая не содержит включений каких-либо глинистых минералов, меняется в диапазоне от 2,80 до 2,89 г/см³.

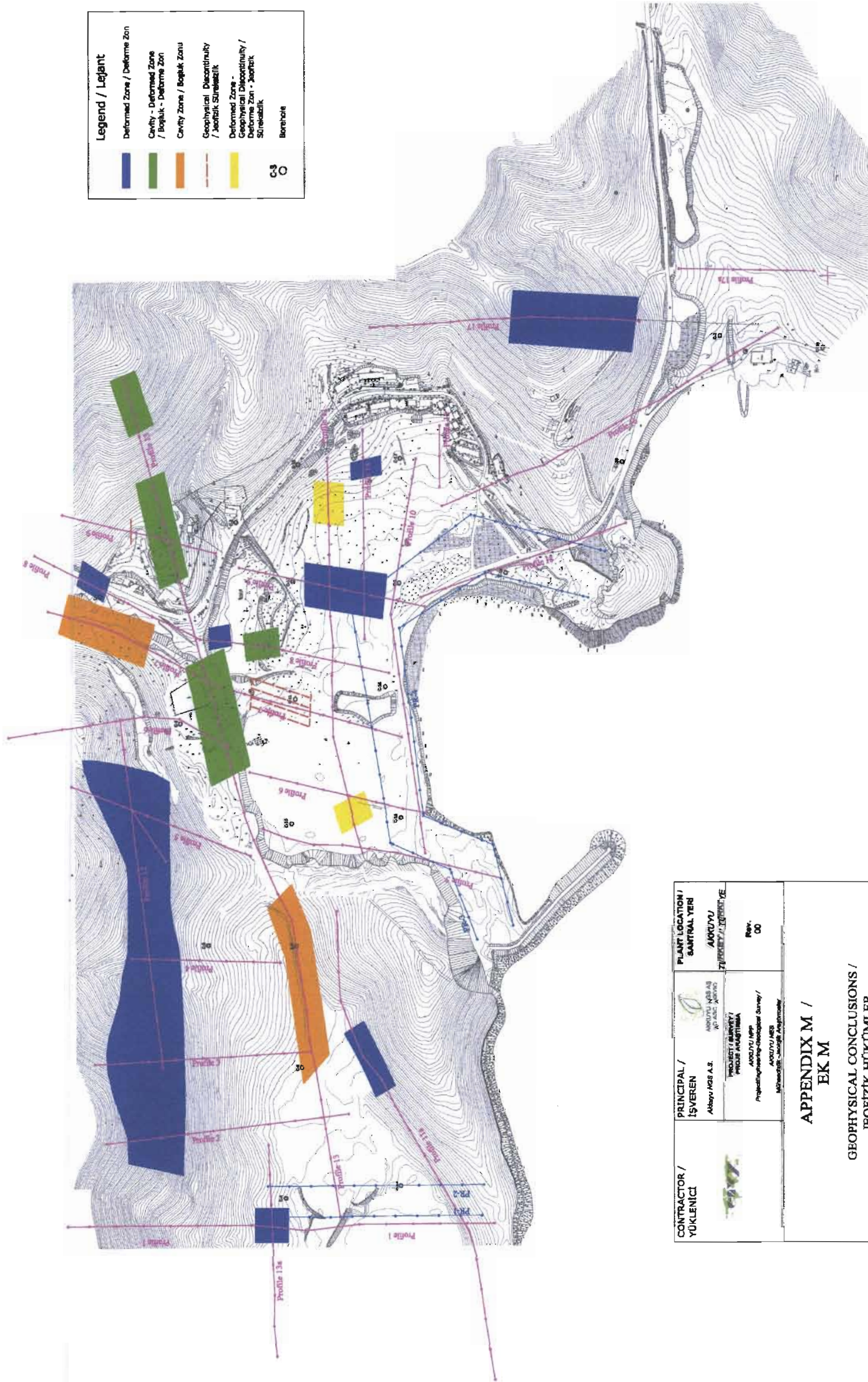
Плотность воды в скважинах принята за 1 г/см³ для скважин с удельной электропроводностью воды 1000 мкС/см и за 1,1 г/см³ для значений электропроводности выше 10000 мкС/см.

Полученные для карбонатных пород значения пористости и плотности соответствуют значениям этих параметров, определенных в лабораторных условиях на образцах керна.

Плотность в естественном залегании пород, описанных геологами как «доломитизированный известняк», без глинистого заполнителя, измеренная в скважинах методом плотностного гамма-гамма-каротажа, соответствует значениям, равным 2,80...2,89 г/см³. Такая высокая плотность в действительности не соответствует этим породам. Плотность известняка должна быть равна, в среднем, 2,79 г/см³.

Возможно, показания плотности, полученные по каротажу завышены из-за неучета влияния скважинных условий (в частности, воды в скважине при производстве каротажа, диаметра скважины) по сравнению с условиями, при которых производилась эталонировка скважинного зонда.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-53



CONTRACTOR / YÜKLENİCİ	PRINCIPAL / İŞVEREN	PLANT LOCATION / SANTRAL YERİ
	AKÜYÜ MES AS AKÜYÜ MES AS AKÜYÜ MES AS	AKÜYÜ AKÜYÜ AKÜYÜ
PROJECT / SURVEY / PROJE ANKETİ		Rev. 00
Project Engineering-Geological Survey / AKÜYÜ MES AKÜYÜ MES		
APPENDIX M / EK M		
GEOPHYSICAL CONCLUSIONS / JEOFİZİK HÜKÜMLER		

Рисунок 6-3.3 — Аномальные участки профилей, выделенные по результатам комплексных геофизических исследований

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ЛАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-54



Гравиметрические аномалии

Гравиметрическая наземная съемка была выполнена на втором этапе исследований площадки АЭС [2, 15].

Съемка выполнялась по сетке с шагом 20 м со сгущением сети в центре площадки с шагом 10 м. Контрольные измерения составили 20 % от общего объема наблюдений.

Чувствительность гравиметра составляла 0,01 мГал.

Были построены карты аномалий в свободном воздухе (т.е. без введения поправок за рельеф), карты простой и полной аномалии Буге для заданной величины плотности промежуточного слоя $2,35 \text{ г/см}^3$, карта полных аномалий Буге для заданной плотности промежуточного слоя $2,5 \text{ г/см}^3$.

Плотность промежуточного слоя выбиралась по данным каротажа.

Максимальная погрешность при введении поправки за рельеф составила 0,007 мГал. Максимальная погрешность в значениях аномалий Буге не более 0,025 мГал.

На карте аномалий Буге для плотности промежуточного слоя $2,35 \text{ г/см}^3$ выделяются несколько аномалий, связанных с основными геологическими структурами, расположенных, в частности, северной и западной частях исследованной площади.

Кроме того, были выявлены существенные отрицательные аномалии максимальной амплитудой 0,3 мГал и протяженностью 100...150 м.

Причиной таких отрицательных аномалий может быть либо фациально замещенные породы относительно низкой плотности, представленные глиной или глинистым материалом, либо карстовые структуры.

Для того, чтобы определить природу отрицательных аномалий было выполнено компьютерное моделирование, которое заключалось в решении прямой задачи: построении геологической модели, расчете соответствующей ей теоретической кривой и сопоставлении расчетной и наблюдаемой кривых.

По двум линиям, обозначенным на карте [2], решалась прямая задача, сопоставлялись наблюдаемая и расчетная кривые, в результате чего были построены геолого-геофизические модели разреза скального основания по двум профилям.

Согласно одной из моделей по линии скважин S33...S66 на глубине примерно 10...25 м в скальном массиве со средней плотностью $2,62 \text{ г/см}^3$ выделяется вытянутый слой (линза) с плотностью $1,95 \text{ г/см}^3$ мощностью примерно 10...12 м протяженностью до 200 м.

Аналогичные аномалии наблюдаются на карте Буге в направлении на запад от скважины S66.

Положение самой большой отрицательной аномалии плотности по карте Буге соответствует положению зоны пониженных сопротивлений по данным электрических зондирований, выполненных на том же участке.

Делать выводы о наличии пустот при мощности покровных отложений более 5 м чувствительность применяемого прибора не позволила.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-55



Магнитное поле

Геомагнитная съемка выполнялась в 2011 году по тем же профилям, что и другие наземные методы.

Описание методики и результаты геомагнитной съемки представлены в отчетах [6, 14].

Базовая станция, относительно показаний которой вносились поправки за суточные вариации магнитного поля, находится в геомагнитной обсерватории, расположенной в Изнике, Бурса (Университет Богазичи, Обсерватория Кандили и Геофизический департамент Института исследования землетрясений, Геомагнитная лаборатория). Координаты геомагнитной лаборатории в Изнике – 40,50° с и 29,73° В.

Единицей измерения итогового магнитного поля является наноТесла (нТ).

Данные, обусловленные помехами, были предварительно удалены из общего набора данных, после чего была построена контурная карта, преобразованная в карту магнитных аномалий, представленную на рисунке 6-3.4.

При сопоставлении карты магнитных аномалий (рисунок 6-3.4) с результатами наземных исследований (рисунок 6-3.2) видно, что аномальные участки магнитного поля соответствуют зонам, выделенным по электроразведке или сейсморазведке.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-56

Исследования воздействия площадки

Предварительная оценка влияния площадки получена в 2011 году инструментальным методом (метод Накамуры) на основе записей микросейсм (по ускорению) на двух станциях (АКК1 и АКК2). Для оценки динамических характеристик (реакция участка, преобладающая частота и усиление) колебаний приповерхностных слоев исследовался спектральный коэффициент отношения горизонтальной компоненты спектра Фурье к вертикальной. Спектральный коэффициент горизонтальных и вертикальной компонент (H/V) микросотрясений дает передаточную функцию горизонтальных движений поверхностных слоев [16].

Для расчёта спектральных коэффициентов H/V выбирались 30 фрагментов (окон) записей микросейсм без импульсных выбросов. Продолжительность каждого из фрагментов 40,96 с. Из записей удалялась постоянная составляющая. Записи сглаживались 10 % симметрическим косинусным окном. Рассчитывались амплитудные спектры Фурье вертикальных и горизонтальных компонент для каждого из 30 фрагментов. Амплитудные спектры сглаживались с помощью пятиточечного окна Ханнинга. Расчет спектральных коэффициентов H/V выполнялся по формуле

$$H/V = \sqrt{\frac{EW^2 + NS^2}{2 \cdot UD^2}},$$

где EW –компонента восток-запад спектра, NS – компонента север-юг спектра, UD – вертикальная компонента спектра.

Для нахождения среднего спектрального коэффициента производилось суммирование всех 30 спектральных коэффициентов

Спектральные коэффициенты полученные на двух станциях (АКК1 и АКК2), представлены на рисунке 6-3.5.

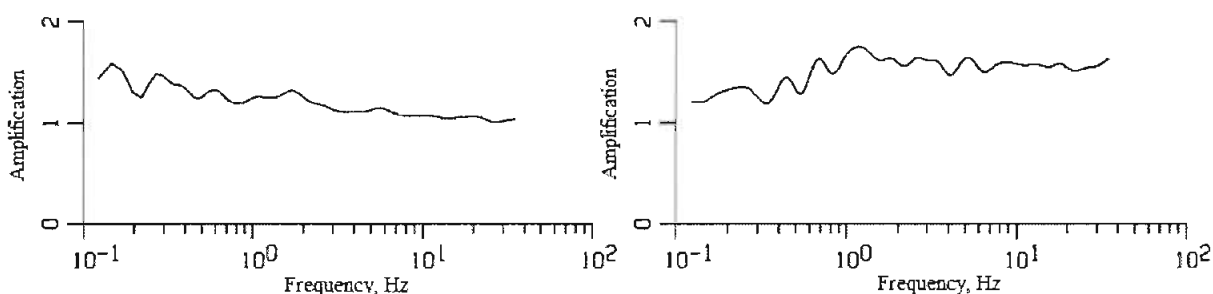


Рисунок 6-3.5 – Передаточные функции (реакция участков), полученные методом Накамуры, по записям микросейсм на станции АКК1 (слева) и АКК2 (справа)

Как видно на рисунке 6-3.5, передаточные функции близки к единице; это подразумевает, что усиление на участках под станциями АКК1 и АКК2 невелико.

Предполагается в 2012 году провести более детальные работы по определению «вклада» площадки в результирующие сейсмические колебания на свободной поверхности и в глубине грунтового массива (до 120 м).

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВНЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-58

6.4 СЕЙСМОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Сведения об исторических землетрясениях

Результаты целевых исследований исторической сейсмичности в районе АЭС «Аккую» на ранней стадии представлены в отчетах [17, 18, 19]. Собранные данные об исторических землетрясениях в регионе, приурочены к территории, ограниченной координатами 31°...39° с.ш. и 29°...38° в.д.

В рамках проекта АЭС «Аккую» на этапе возобновлённых в 2011 году инженерных изысканий характеристики исторической сейсмичности района получены четырьмя группами исследователей: ENVY/BU KOERI (Турция); WorleyParsons Nuclear Services JSC (США); Paul C. Rizzo Associates, Inc. (США); ИФЗ РАН (Россия).

В исследовании ENVY/BU KOERI [20] сведения об исторических землетрясениях, с 2100 года до н.э. по 1900 год н.э., были собраны по всем доступным источникам (порядка 10 компилируемых региональных каталогов). Список исторических землетрясений ENVY/BU KOERI насчитывает 380 событий, имевших место в пределах территории, ограниченной координатами 31°...39° с.ш., 29°...38° в.д. Для 271 из этих землетрясений есть данные об их интенсивности и местоположении. Сведения об исторических землетрясениях в регионе с координатами 31...39° с.ш. и 28°...38° в.д., собранные ENVY/BU KOERI, приведены в приложении М.

Карта эпицентров сильных исторических землетрясений (2100 год до н.э. – 1900 год н.э., район, ограниченный координатами 31°...39° с.ш., 28°...38° в.д.) по данным ENVY/BU KOERI [20] приведены на рисунке 6-4.1.

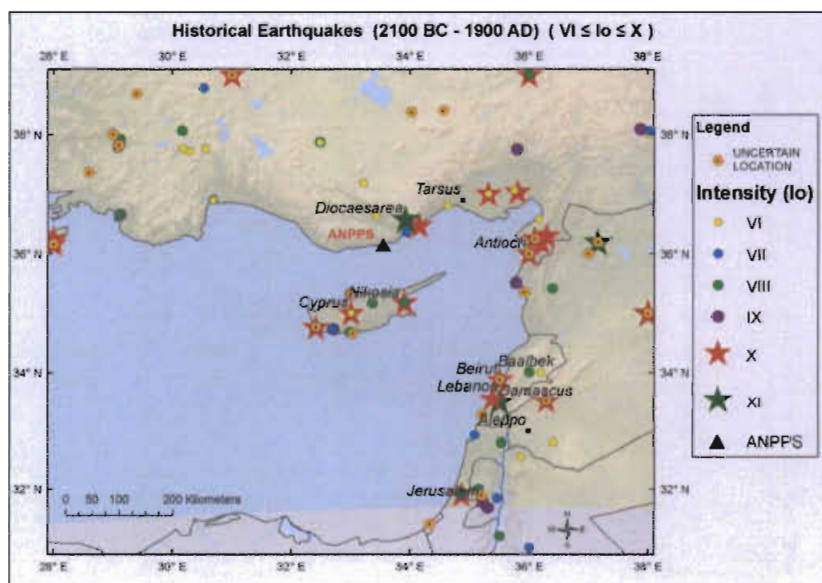


Рисунок 6-4.1 – Карта эпицентров сильных землетрясений района

В исследовании ИФЗ РАН [21] за основу сводного каталога в части исторических землетрясений принят каталог исторических землетрясений (380 записей), разработанный ENVY/BU KOERI [20]. При этом анализировались события на территории, ограниченной радиусом 300 км вокруг площадки, число таких событий – 126.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-59



Историческая часть каталога ENVY/BU KOERI была пересмотрена. Показано, что в каталоге ENVY/BU KOERI из 126 пар связей «интенсивность в эпицентре – магнитуа» 118 пар описываются регрессионным уравнением

$$M=0,74I_0+2,55 \quad (6-4.1)$$

Восемь пар существенно отклоняются от регрессионной прямой. Поскольку эти восемь событий находятся достаточно близко к площадке, все они проанализированы, в том числе и по критериям простой исторической логики.

Для коррекции расстояний, глубины очага и магнитуды использовались также уравнения:

$$I_0=b \cdot M_S-v \cdot \lg(h)+c, \quad (6-4.2)$$

$$I_i=b \cdot M_S-v \cdot \lg(r)+c, \quad (6-4.3)$$

где h – глубина гипоцентра, км;

r – эпицентральное расстояние, км;

$b=1,5$, $v=4,0$ и $c=3,8$ [22].

Каталог исторических землетрясений ИФЗ РАН, приведён в приложении М.

Каталог компании WorleyParsons Nuclear Services JSC (далее WP), представляющий исторические землетрясения, взят из Сейсмического каталога Турции, разработанного в 1996 году Департаментом ядерной безопасности ТАЕК под руководством МАГАТЭ [23], где представлены события за период с 2100 года до н. э. по 1994 год. Каталог WP содержит сведения о 878 исторических землетрясениях с интенсивностью, не менее 5 баллов по шкале MSK-64, и магнитудой (M_S), не менее 5,0, имевших место на территории с координатами $25^\circ \dots 43^\circ$ с.ш. и $25^\circ \dots 45^\circ$ в.д. Декластеризованная версия каталога WP насчитывает 754 записи.

Периоды представительности исторических землетрясений разных магнитуд в сводном каталоге WP приведены в таблице 6-4.1.

Таблица 6-4.1 – Периоды полноты каталога WP для исторических землетрясений

Магнитуа M_w	Год полноты каталога для 350 км зоны
5,0	1921
6,0	1821
7,0	1750
8,0	1160

Каталог исторических и инструментальных землетрясений, подготовленный WP в оригинальной и декластеризованной версиях, приведён в приложении М.

Каталог, составленный компанией Paul C. Rizzo Associates, Inc. (далее Rizzo), в исторической части компилятивно составлен из двух источников:

- каталоги землетрясений для Турции [24];
- каталоги Афинского университета [25].

Каталог исторических землетрясений, подготовленный Rizzo в оригинальной и декластеризованной версиях, приведён в приложении М.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-60



Периоды полноты каталога Rizzo для исторических землетрясений (569 событий до 1900 года включительно) разных магнитуд приведены в таблице 6-4.2.

Декластеризованная версия каталога WP в части исторических (до 1900 года включительно) землетрясений насчитывает 404 записи.

Таблица 6-4.2 – Периоды полноты каталога Rizzo для землетрясений разных магнитуд

Магнитуда M_w	Год полноты каталога для 320 км зоны
6,0	1905
7,0	1510
8,0	Не установлено

Каталог, составленный компанией Rizzo, содержит два исторических землетрясения (события 1213 года в Филадельфии и 1718 года на Кипре), которых нет в сейсмологических каталогах ENVY/BU KOERI, WP и ИФЗ РАН.

Карты изосейст

Карты изосейст для некоторых сильных землетрясений на территории, ограниченной радиусом 300...350 км от площадки, и имеющих описание макросейсмического поля, приведены на рисунках с 6-4.2 по 6-4.5.

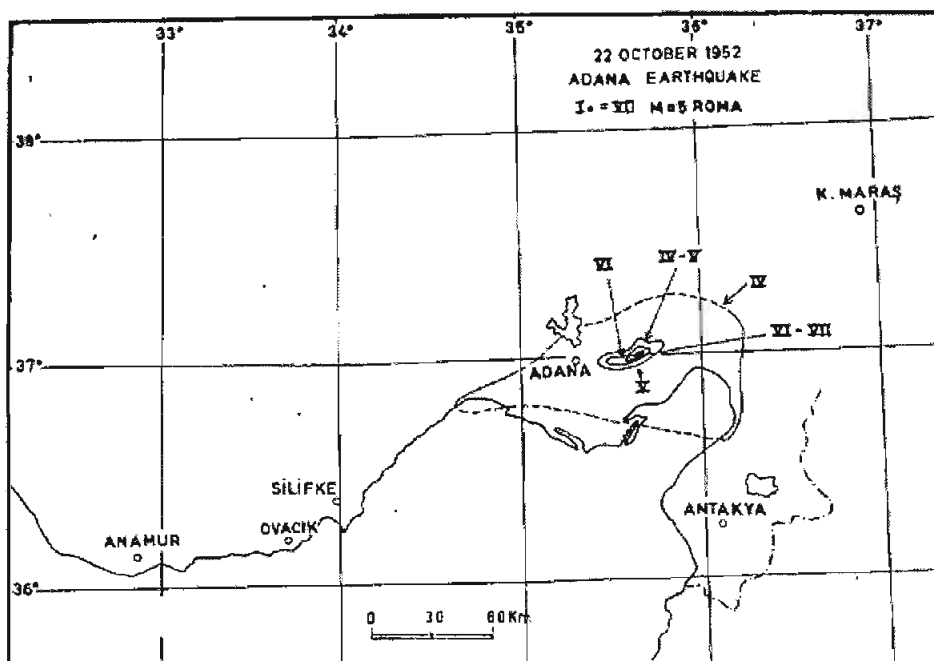


Рисунок 6-4.2 – Карта изосейст землетрясения 17:00:48,5 22 октября 1952 года близ г. Адана; координаты эпицентра: 37,25° с.ш. и 35,65° в.д.; глубина 70 км; магнитуда $M_S=5,6$; интенсивность в эпицентре 7 баллов, приводится по [23]

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-61

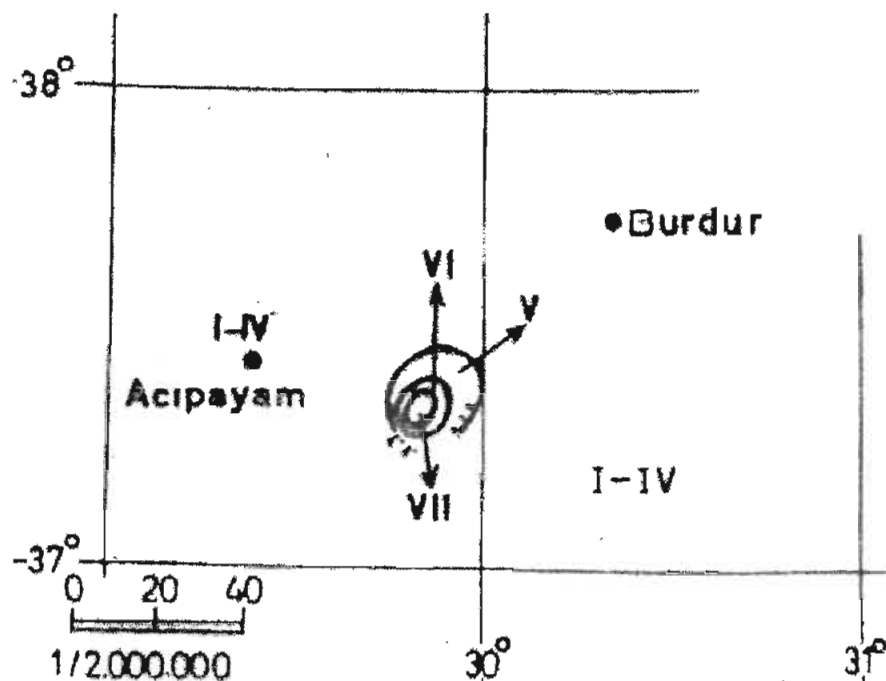


Рисунок 6-4.3 – Карта изосейст землетрясения 22 ноября 1963 года близ г. Бурдур; координаты эпицентра: 38,07° (37,41°) с.ш. и 29,68° (29,89°) в.д.; глубина 60 км; магнитуда $M_S=5,1$ (5,7); интенсивность в эпицентре 7 баллов, приводится по [23]

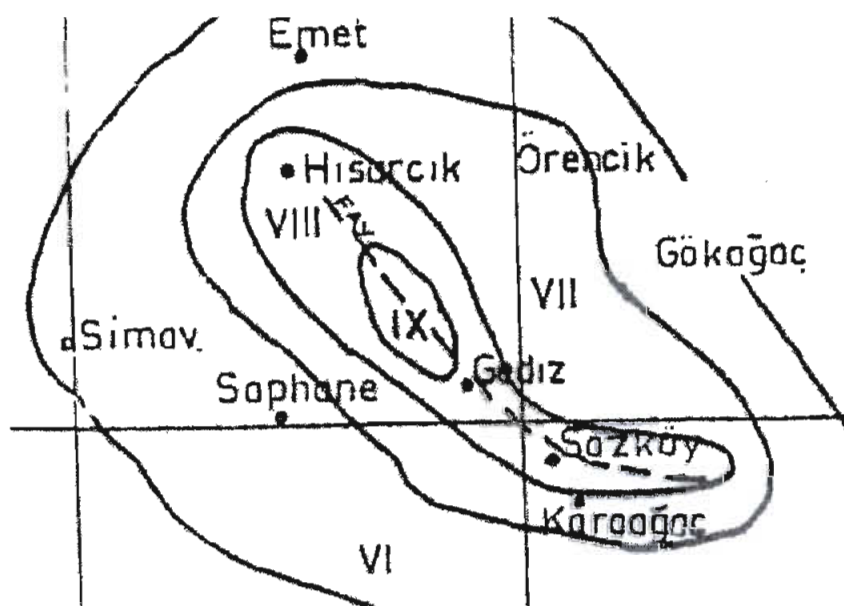


Рисунок 6-4.4 – Карта изосейст землетрясения 21:02 28 марта 1970 года близ г. Гедиз; координаты эпицентра: 39,21° с.ш. и 29,51° в.д.; глубина 18 км; магнитуда $M_S=7,3$; интенсивность в эпицентре 9 баллов, приводится по [23]

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-62

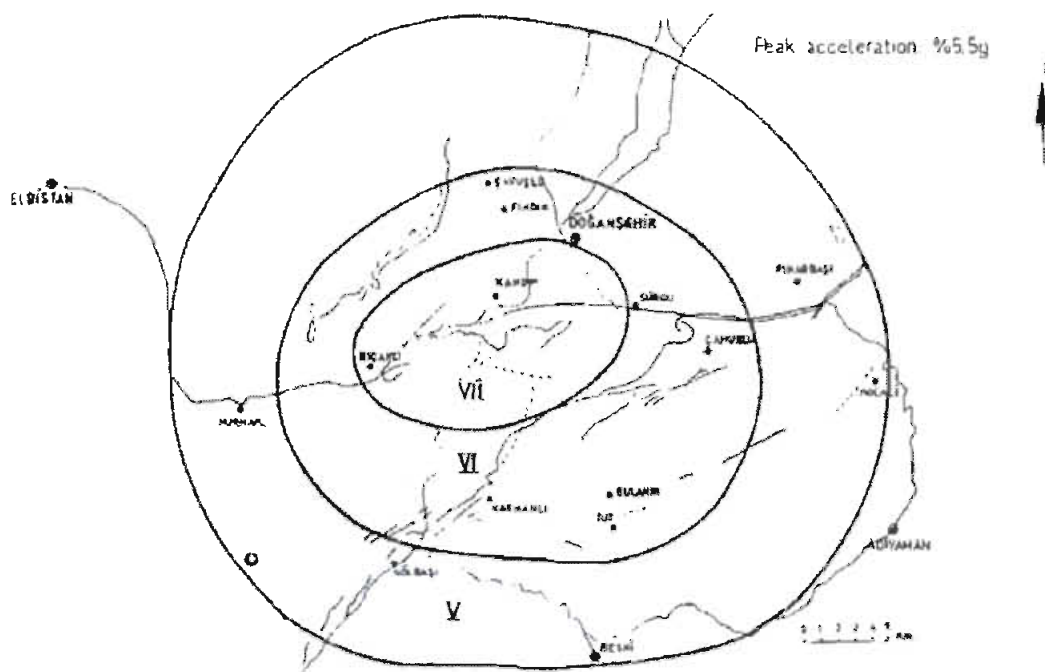


Рисунок 6-4.5 – Карта изосейст землетрясения 03:35 5 мая 1986 года близ Malatya-Surgu; координаты эпицентра: 38,02° с.ш. и 37,79° в.д.; глубина 4 км; магнитуда $M_S=6,0$; интенсивность в эпицентре 7 баллов, приводится по [23]

Самые близкие к площадке АЭС «Аккую» сильные (до IX-X баллов ММ) исторические землетрясения, вероятно, имели место в окрестностях античных городов Диокесария и Корикус. Приписываемая этим событиям магнитуда составляет 7,0...7,2.

Сообщений об ощутимых сейсмических сотрясениях (более 5 баллов), непосредственно в ближайшей окрестности и на площадке АЭС «Аккую» нет.

Для уточнения характеристик ближайших к площадке исторических землетрясений в 2012 году предполагается выполнить цикл архео-сейсмологических работ в предполагаемых эпицентральных зонах близ развалин древних городов Диокесария и Корикус.

Инструментальные данные о землетрясениях

Инструментальная сейсмичность обычно отсчитывается от 1900 года. Целевые для АЭС «Аккую» исследования охватывают период 111 лет с 1900 по 2010 годы, получены первые результаты возобновленного сейсмического мониторинга площадки АЭС «Аккую» (с июля по ноябрь 2011 года).

В Турции имеются два ведомства, эксплуатирующих национальные сети сейсмического мониторинга. Одним из них является обсерватория Kandilli и Научно-исследовательский институт землетрясений университета Bogazici (BU KOERI). В настоящее время сеть BU KOERI состоит из 153 сейсмических станций, работающих в режиме реального времени, по международным стандартам. На региональных расстояниях порядка 300 км от площадки АЭС «Аккую» имеется 30 сейсмических станций BU KOERI. Второе ведомство, называемое Руководящий совет по управлению ликвидации бедствий и аварий (DEMP), также имеет в этом регионе сейсмическую сеть.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-63

Расположение сейсмических станций BU KOERI и DEMP в регионе, показано на рисунке 6-4.6.

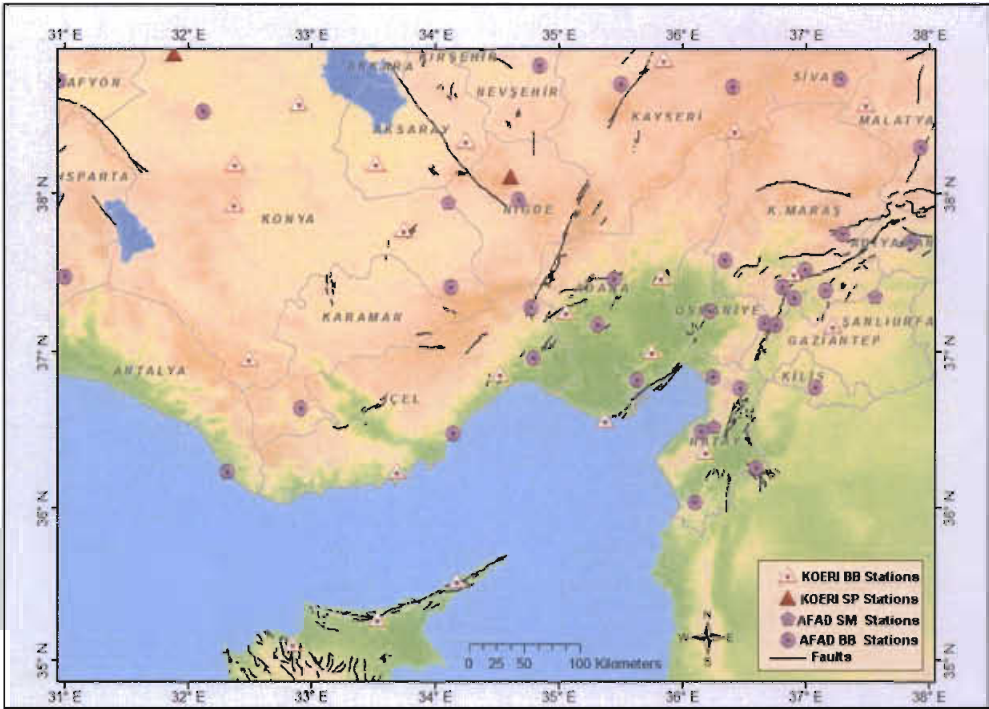


Рисунок 6-4.6 – Сейсмические станции, эксплуатируемые BU KOERI и DEMP

Каталог ИФЗ РАН составлен в пространственных рамках 33°...39° с.ш. и 30°...37° в.д., с некоторым запасом включающих 300 км окрестность вокруг площадки АЭС «Аккую» (координаты приняты в точке 36,144° с.ш. и 33,541° в.д.). Источники информации для базы сейсмологических данных представлены в таблицах 6-4.3 и 6-4.4.

Таблица 6-4.3 – Источники глобального уровня – международные агентства и межрегиональные центры

Код агентства	Пояснение кода в соответствии с сайтом ISC	Количество записей
CSEM	Centre Sismologique Euro-Mediterraneen	8323
ISC	International Seismological Centre (own determinations)	8248
NEIC	National Earthquake Information Center, World Data Center A, USGS	3184
ISCJB	International Seismological Centre (own determinations using JB tables)	1747
MOS	Geophysical Institute-Russian Academy of Science, Obninsk	497
NEIS	National Earthquake Information Service	329
EHB	Data from the Catalogue of Engdahl, van der Hilst and Buland	303
BCIS	Bureau Central International de Sismologie. France	186
ISS	International Seismological Summary, UK	92
USCGS	United State Geological Survey (синонимы: USGS, GS)	76
IASPE	International Association for Seismology and Physics of the Earth Interior	46
MED_R	MedNet Regional Centroid - Moment Tensors INGV INGV Italy	46
HRVD	Department of Geological Sciences, Harvard University, Cambridge (Now GCMT), USA	43
ZUR_R	Zurich Moment Tensors, Swiss Seismological Service ETH ETH	40
ZUR	Schweizerischer Erdbebendienst, Institut fur Geophysik, ETH, Switzerland	29
GUTE	Data from Gutenberg and Richter, 'Seismicity of the Earth'	18



Код агентства	Пояснение кода в соответствии с сайтом ISC	Количество записей
CGS	Coast and Geodetic Survey of the United States, NEIS, USA	17
GCMT	The Global CMT Project (Previously HRVD) USA	13
EPSI	Data from the EPSI project (EMSC - PI)	12
PUL	Pulkovo, Russia	1
Всего записей из агентств глобального уровня:		23250

Таблица 6-4.4 – Источники регионального уровня – национальные агентства

Код агентства	Пояснения кода в соответствии с сайтом ISC	Количество записей
ISK	Kandili Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici University (BU KOERI). Istanbul, Turkey	12283
DDA	General Directorate of Disaster Affairs, Ankara, Turkey	5882
GRAL	National Centre for Geophysical Research, Beirut, Lebanon	4560
NIC	Geological Survey Department (GSD), Cyprus	3872
IPRG	Institute for Petroleum Research and Geophysics (former name of GII), Israel	2247
NSSC	National Syrian Seismological Center, Syria	1975
GII	Geophysical Institute of Israel (now IPRG), Israel	1955
JSO	Jordan Seismological Observatory. Natural Resources Authority, Jordan	487
HLW	National Research Institute for Astronomy and Geophysics, Helwan (NRIA), Egypt	483
ATH	Seismological Institute, National Observatory of Athens (NOA), Greece	369
GBZT	TUBITAK, Marmara Research Center, Gebze (TUBI) Turkey	373
THE	University of Thessaloniki, Greece	156
DUSS	Department of Geology, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria	73
RYD	King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia	69
KSA	Observatoire de Ksara, Zahle, Lebanon	49
SNSN	King Abdulaziz City for Science and Technology, Saudi National Seismic Network, Saudi Arabia	33
TEH	Geophysical Institute, Tehran University, Iran	16
ISN	Iraqi Meteorological and Seismology Organisation, Iraq	10
Всего записей из агентств регионального уровня:		34892

Полное количество записей в базе данных – 58142. Количество источников в базе данных – 38. Из них источников глобального уровня – 20, регионального уровня – 18. Таким образом, региональные и глобальные источники информации полноценно представлены в базе данных.

Анализ таблиц и карт эпицентров по различным источникам информации показывает, что по району исследования имеются достаточно полные сведения о сейсмичности. Период времени, относимый к ранее инструментальному, также представлен неплохо: каталоги BCIS, ISS, USCGS, GUTE, CGS и PUL (1) – всего 390 событий (период времени до 1975 года). Исходя из количества записей (23250), международные сейсмологические центры хорошо контролируют сейсмичность района. Региональные центры представляют детальную информацию (34892 записей), что обусловлено, в основном, включением в региональные каталоги более слабых землетрясений. Для относительно сильных событий решения международных центров предпочтительнее, поскольку при локации эпицентра обеспечивается более полный

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-65



азимутальный охват сейсмических станций. Из международных определений наивысший приоритет приписан специальным проектам по переопределению параметров землетрясений. Из региональных центров высший приоритет имеет каталог ISK (BU KOERI, Istanbul, Turkey). Территории, представленные в региональных каталогах, частично перекрываются, что является определенной гарантией того, что в итоговом каталоге серьезных пропусков событий не будет.

Если даже всего лишь один из источников лоцировал землетрясение в пространственных рамках исследования, то вся группа записей включалась в базу. После того, как были выбраны приоритетные записи, итоговый каталог был строго ограничен рамками исследования на основании положения эпицентра в соответствии с приоритетной записью. В результате из 27394 записей в итоговом каталоге осталось 26728 землетрясений. Последнее событие в каталоге датируется 30 сентября 2011 года.

Гомогенизация оценок магнитуд

Современные соотношения между магнитудой и пиковыми ускорения движения грунта основаны на моментной магнитуде M_w . Очевидно, что прямые определения моментной магнитуды являются предпочтительными по отношению к оценкам, полученным на основании корреляционных соотношений. Прямых определений M_w в каталоге 4223, они могут быть прямо включены в итоговый каталог. Что касается магнитуд других типов, то требуется их конвертация в M_w , что в свою очередь требует построения корреляционных соотношений.

Магнитуда M_s

Поскольку в пространственных рамках исследования в инструментальном каталоге нет ни одного землетрясения с магнитудой 7,0 и выше (ни по одному типу магнитуды), то ожидать насыщения магнитудной шкалы M_s оснований нет. Поэтому в этом интервале магнитуд можно принять $M_w = M_s$.

Магнитуда m_b

Для построения корреляционного соотношения между M_w и m_b данных недостаточно. Однако можно построить достаточно надежное соотношение между M_s и m_b , а потом воспользоваться соотношением $M_w = M_s$. Наиболее надежными определениями M_s и m_b следует признать определения ISC. Имеется 323 землетрясения, для которых ISC одновременно приводит определения M_s и m_b (рисунок 6-4.7). Весь интервал магнитуд разделен на две части: ниже и выше $m_b = 4,5$. Для интервала выше 4,5 строились два соотношения – $M_s(m_b)$ (фиолетовая прямая, формула 6-4.4) и $m_b(M_s)$ (синяя прямая, формула 6-4.5) – после чего взято среднее между ними (красная прямая, формула 6-4.6). Формулы имеют вид:

$$M_s = 1,65 \cdot m_b - 3,60 \quad (m_b \geq 4,5); \quad (6-4.4)$$

$$m_b = 0,50 \cdot M_s + 2,48 \quad (M_s \geq 4,5); \quad (6-4.5)$$

$$M_s = 1,83 \cdot m_b - 4,27 \quad (m_b \geq 4,5). \quad (6-4.6)$$

Коэффициент пропорциональности между M_s и m_b равен $1,83 \pm 0,18$.

Для интервала магнитуд менее 4,5 коэффициент между M_s и m_b принят равным единице. Свободный член выбирается таким образом, чтобы для магнитуды 4,5 применение формул для разных интервалов приводило бы к одной и той же M_s

$$M_s = m_b - 0,50 \quad (m_b \leq 4,5). \quad (6-4.7)$$

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-66

Магнитуда ML

На рисунке 6-4.8 показано соотношения между магнитудами ML и mb по всем источникам в базе данных (всего 995 определений). Из рисунка видно, что для конвертации ML в Ms можно воспользоваться теми же соотношениями, что использовались для конвертации mb в Ms (формулы 6.4.6 и 6.4.7).

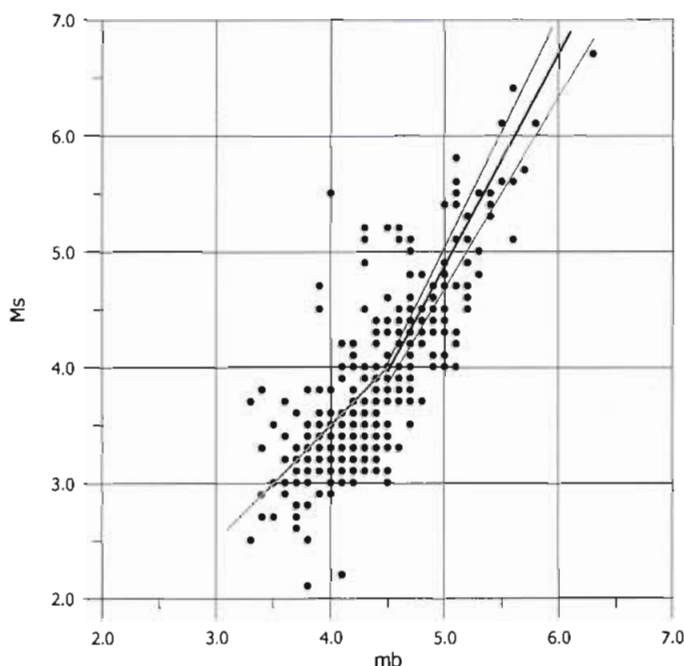


Рисунок 6-4.7 – Соотношение между магнитудами Ms и mb по данным ISC (323 определения); зелёная линия – для интервала магнитуд mb не выше 4,5 (формула 6-4.7); фиолетовая линия соответствует соотношению (6.4.4), синяя – (6.4.5), красная – (6.4.6)

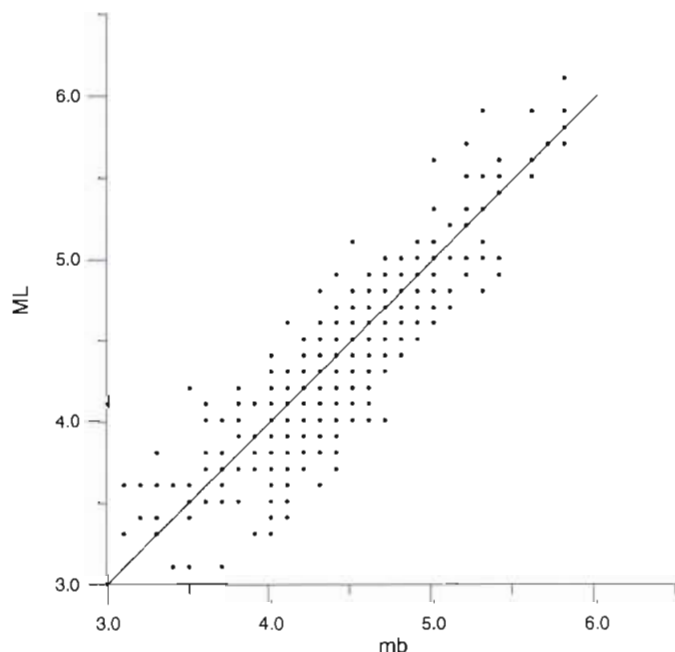


Рисунок 6-4.8 – Соотношение между магнитудами ML и mb по всем определениям базы данных (995 определений); для сравнения показана прямая с наклоном 1,0

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-67

Неизвестный тип магнитуды

Что касается старых землетрясений, например, из каталога Гуттенберга, то речь идет о магнитуде по объемным волнам, но на гораздо более больших периодах, чем m_b , определяемой на периоде 1 секунда. Поэтому она принимается численно равной магнитуде M_s , определяемой на периоде 20 секунд. Что касается современных землетрясений, больше всего определений магнитуд неизвестного типа (633) приводится в каталоге ISK. Сведений о том, как в ISK определяются магнитуды, у нас нет. Поэтому, условно, принято, что эта магнитуда численно равна M_s .

Магнитуда MD

Это наиболее распространенный тип (25006 определений) в базе данных. Для 212 землетрясений есть одновременно определение MD и m_b (рисунок 6-4.9). Из рисунка видно, что для интервала магнитуд менее 5,5 при конвертации MD в M_s можно воспользоваться теми же соотношениями, что использовались для конвертации m_b в M_s (формулы (6-4.6) и (6-4.7)). Что касается систематического различия между MD и m_b для магнитуд свыше 5,5 (m_b всегда меньше MD), то это никакого значения не имеет, поскольку для больших магнитуд есть прямые определения M_w , которые имеют наивысший приоритет. Поэтому смысла строить отдельно для больших магнитуд корреляционные соотношения между MD и какой-либо другой магнитудой, нет.

Магнитуда M_s

Коррелировать эту магнитуду с какой-либо другой невозможно, поскольку в базе данных нет определений M_s одновременно с другими магнитудами. Поэтому она условно принята численно равной M_w . Это скажется всего на 0,7 % от общего числа событий в каталоге, причем все они – слабые землетрясения.

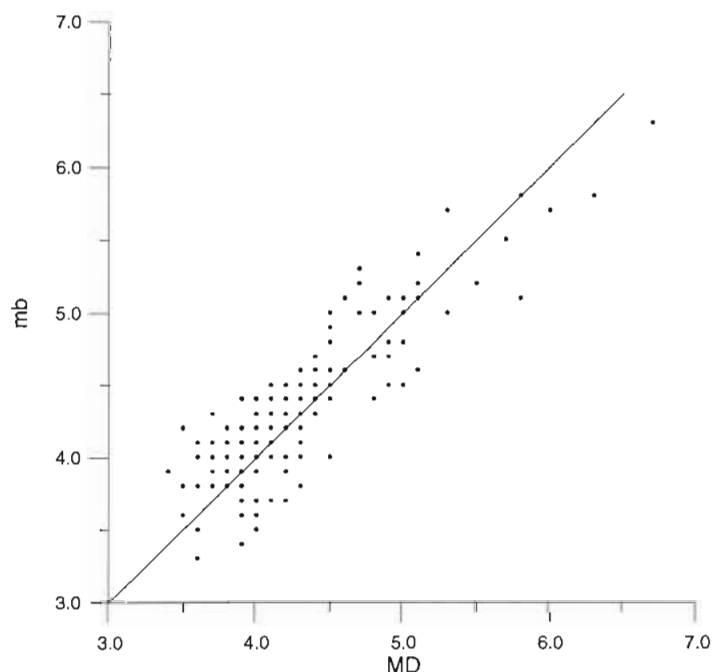


Рисунок 6-4.9 – Соотношение между магнитудами MD и m_b по всем определениям базы данных (212 определений); для сравнения показана прямая с наклоном 1,0

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-68



Таким образом, из 26728 землетрясений в окончательном каталоге ИФЗ РАН в пространственных рамках района исследования 24714 имеют определения магнитуд M_w в соответствии с приведенными процедурами конвертации. 2014 событий остались без магнитудных оценок. Представительными в инструментальном каталоге ИФЗ РАН (за последние 50 лет) являются события с магнитудой $M \geq 2,25$.

На рисунке 6-4.10 показана карта эпицентров землетрясений. Размер кружка на карте пропорционален магнитуде.

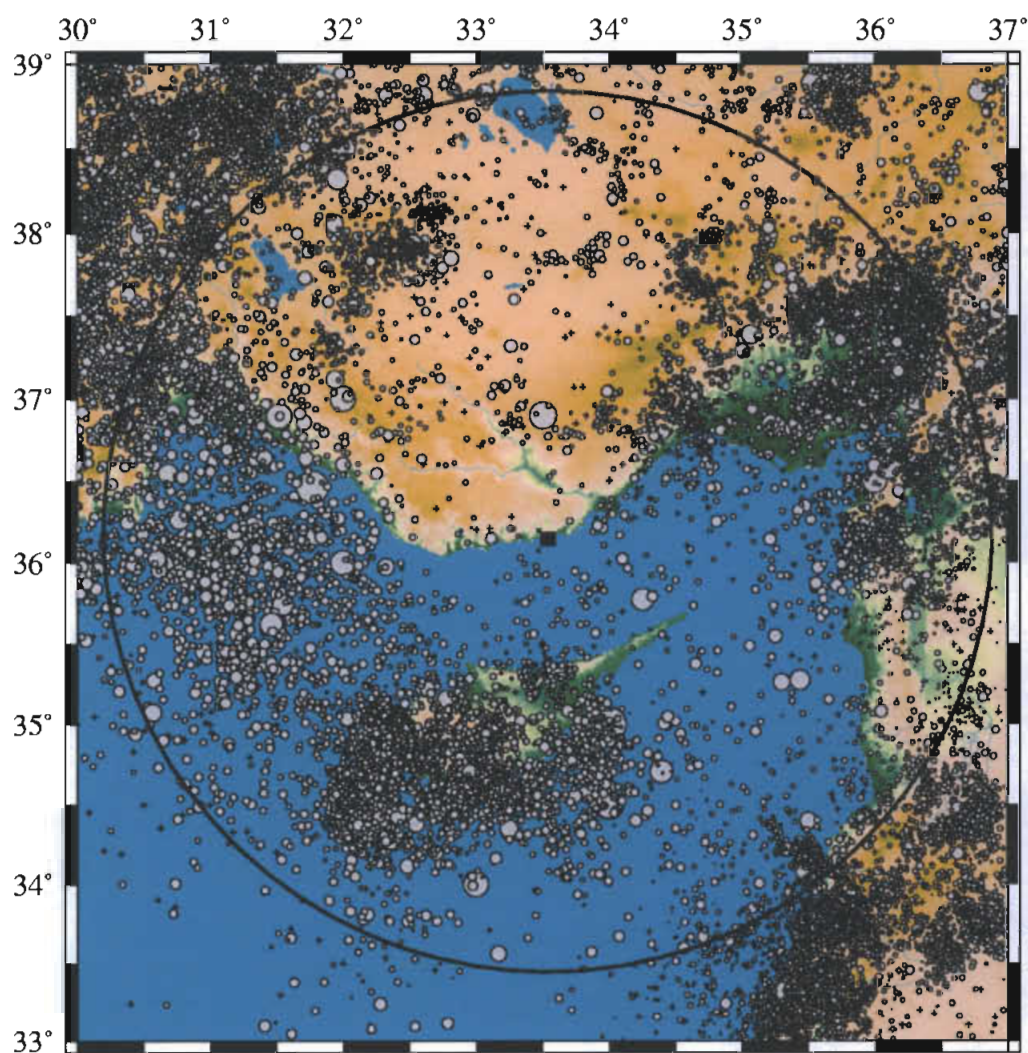


Рисунок 6-4.10 – Карта эпицентров по итоговому каталогу – 26728 землетрясений (размер кружка пропорционален магнитуде); крестики – землетрясения без оценки магнитуды; показана 300 км окружность с центром на площадке (черный квадрат)

Глубины очагов

Анализ распределения магнитуд с глубиной – в значительной мере элемент оценки сейсмической опасности, и, казалось, этот вопрос уместнее рассматривать после составления как инструментального, так и исторического каталогов. Однако, распределение событий по глубине важно учитывать при составлении исторического каталога.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ЛИСТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-69



На рисунке 6-4.11 показано распределение магнитуд с глубиной. Землетрясения с магнитудами менее 3 не показаны, как не представляющие существенного интереса для оценки опасности. Глубины менее 4 км также не показаны, поскольку точность определения глубин в каталоге не лучше, чем ± 5 км.

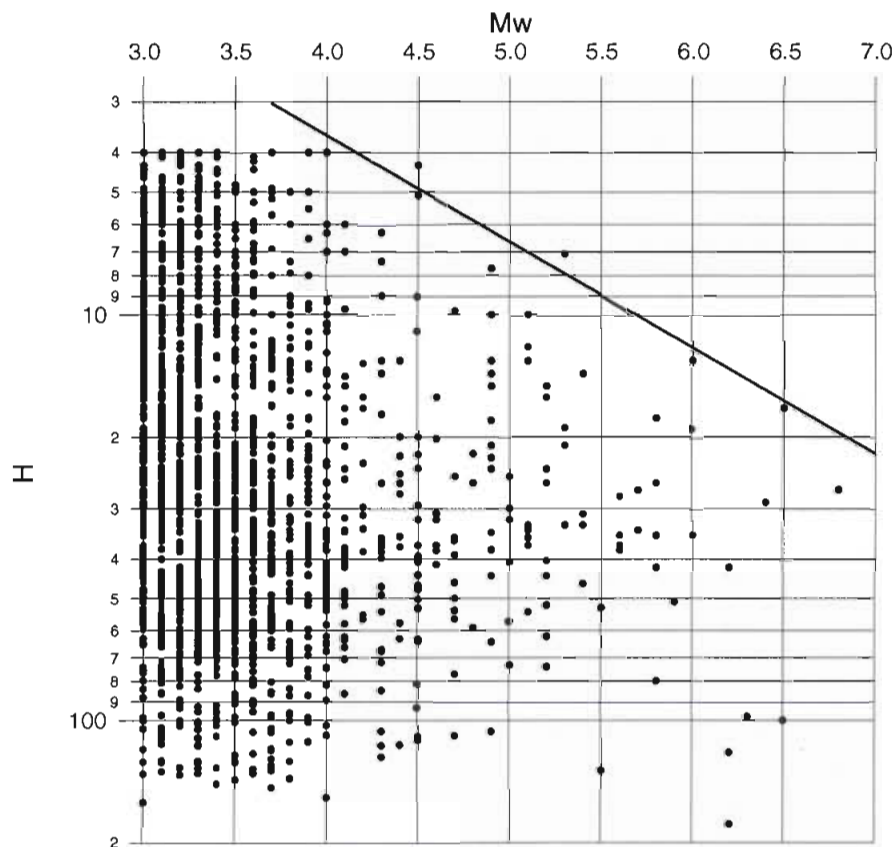


Рисунок 6-4.11 – Распределение магнитуд с глубиной

Прямая, ограничивающая сверху область данных, описывается уравнением:

$$LgH = 0,26 \cdot Mw - 0,48 \quad (\text{для } H \geq 4 \text{ км}) \quad (6-4.8)$$

При использовании данного соотношения в анализе исторической сейсмичности (когда данные о глубине очагов в большинстве случаев отсутствуют) и для последующей оценки сейсмической опасности самым существенным является то, что согласно наблюдаемым данным, нет ни одного землетрясения с $Mw=6,0$ на глубине менее 13 км и ни одного с $Mw=6,5$ менее, чем на 17 км. Это фактически исключает выход разрыва в очаге на поверхность.

Механизмы очагов землетрясений

Данные о механизмах очагов принято представлять в виде ориентации нодальных плоскостей и главных осей напряжений. Параметры механизмов получены из Каталога СМТ [26]. Определения механизма очага, помещенные в этот каталог, выполнены методом центраида сейсмического момента. Определения в каталоге СМТ систематически публикуются с 1976 года.

Установлено, что механизм очагов землетрясений на западе изучаемого района, представляет собой, главным образом, сброс; ориентация нодальных плоскостей весьма

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-70

разнообразна. Здесь, в основном, произошли землетрясения небольшой магнитуды. Для таких событий характерно хаотичное расположение возможных плоскостей разрыва даже для совокупности землетрясений из одной и той же области.

В восточной части также преобладает сбросовый тип движения, но есть события сдвигового типа. В южной части движение в очагах разнообразно, здесь можно отметить взбросы, сдвиги и взбросо-сдвиги, но сбросы в этой части не отмечены.

Из 43 землетрясений восемь являются относительно глубокими. Два из них расположены вблизи северо-западного берега Кипра (сбросы); еще три далее на запад в Средиземном море (взбросы со сдвиговой компонентой). И, наконец, три землетрясения расположены в прибрежной части Турции (два взброса и один сброс).

Каталог инструментальных землетрясений, составленный ENVY/BU KOERI, охватывает период с 1900 по 2010 годы и включает в себя 10059 событий с эпицентрами, показанными на рисунке 6-4.12, и имевшими место на территории, ограниченной координатами 33,15°...39,15° с.ш. и 30,55°...36,55° в.д. Данные о землетрясениях для каталога ENVY/BU KOERI взяты целиком из [27, 28]. Инструментальный каталог ENVY/BU KOERI в электронном виде может быть предоставлен по требованию.

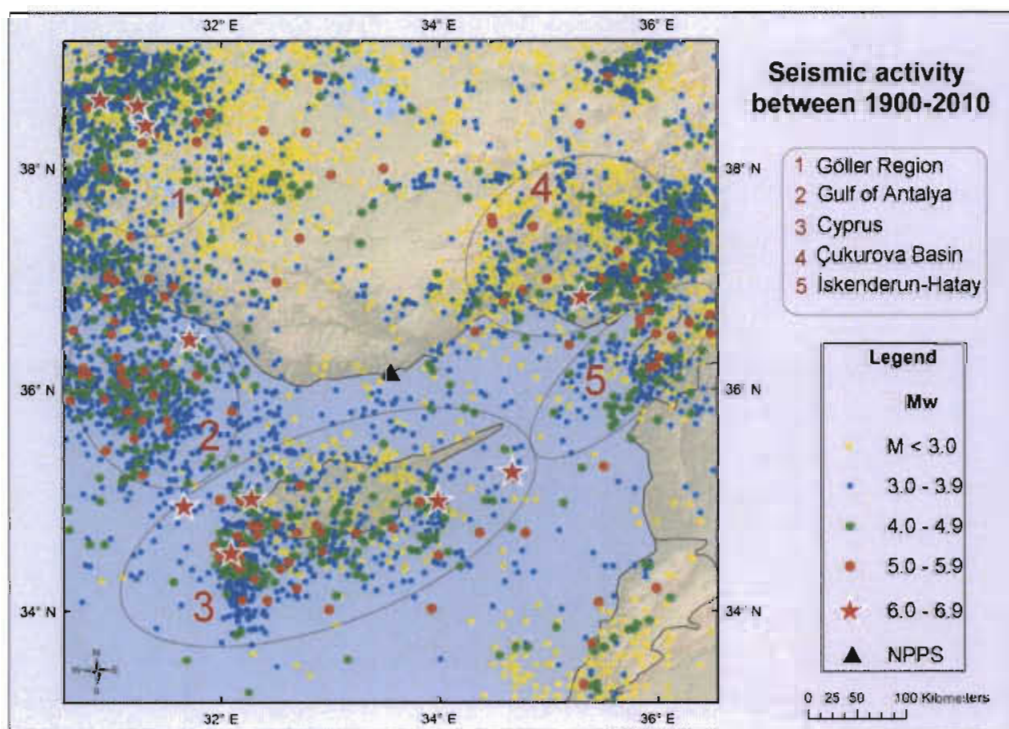


Рисунок 6-4.12 – Сейсмичность района АЭС «Аккую» с 1900 по 2010 годы

Большинство магнитуд, включенных в каталог землетрясений, как видно, находится в диапазоне от $M_w=2,9$ до $M_w=3,4$.

Распределение фокальных глубин землетрясений показывает, что в целом в регионе землетрясения происходили на небольших глубинах – от 0 до 20 км. Землетрясения на средних и больших глубинах сконцентрировались, в основном, в Средиземном море и заливе Antalya. Характеристики ближайших к площадке зарегистрированных землетрясений с магнитудой $M_w \geq 6,0$ приведены в таблице 6-4.5.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ЛИСТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-71



Таблица 6-4.5 – Сильные землетрясения (1900-2010 годы, $M_w \geq 6,0$), зарегистрированные на территории в радиусе до 365 км площадки АЭС «Аккую» [29]

Distribution of Big Earthquakes for Akkuyu and Surrounding Area 1900-2010; ($M \geq 6.0$)																	
No	Дата			Время			Координаты		Глубина	Магнитуда							Расстояние от площадки км (min. 133-max.365)
	д	мес	год	ч	мин	с	с.ш.	в.д.		Ref	км	Ref	M _s Ref	M _b Ref	M _d Ref	M Ref	
1	30	4	1911	20	42	3.0	36.00	30.00	M	180	M	6.1 E	5.8 R	5.8 R	5.8 R	6.0 R	310
2	3	10	1914	22	7	2.4	37.70	30.40	8	14	8	6.9 E	6.4 R	6.5 R	6.4 R	6.6 R	325
3	29	9	1918	12	7	5.0	35.20	34.70	9	30	9	6.5 E	6.1 R	6.1 R	6.1 R	6.3 R	146
4	18	3	1926	14	6	14.6	35.84	29.50	1	10	1	6.8 E	6.3 R	6.4 R	6.3 R	6.5 R	355
5	20	1	1941	3	37	7.0	35.00	34.00	G	100	G	6.5 E	6.1 R	6.1 R	6.1 R	6.3 R	133
6	20	3	1945	7	58	56.5	37.11	35.70	1	60	1	6.0 E	5.7 R	5.8 R	5.7 R	6.0 R	217
7	10	9	1953	4	6	3.0	34.80	32.50	9	30	9	6.3 E	5.9 R	6.0 R	6.0 R	6.2 R	175
8	1	10	1995	15	57	12.6	38.06	30.15	4	5	4	6.1 4	5.8 4	6.0 R	6.0 P	6.0 R	365
9	9	10	1996	13	10	50.4	34.53	32.10	4	19	4	6.7 4	6.3 4	6.3 R	6.5 R	6.5 R	219
10	27	6	1998	13	55	53.5	36.85	35.32	4	47	4	6.2 H	5.8 H	6.3 R	6.0 R	6.2 H	174
11	3	2	2002	7	11	28.6	38.58	31.25	R	10	R	6.4 4	5.6 4	6.0 R	6.2 R	6.5 H	337

В целях гомогенизации магнитуд в инструментальном каталоге ENVY/BU KOERI использовались эмпирические уравнения [20] .

Процесс декластеризации, в сущности, состоял в изъятии из каталога наведенной (искусственной) сейсмичности, а также зависимых событий – форшоков и афтершоков. Исходный каталог ENVY/BU KOERI, содержащий в общей сложности 10059 событий, был декластеризован способом Ризенберга. Выявлены 273 кластеров, и 1616 событий были изъятые из исходного каталога.

Для оценки представительности событий разных магнитуд в инструментальном каталоге и его полноты использована методика Степпа. В результате получено:

- с 1902 по 1965 годы – представительная магнитуда $M=5,1$;
- с 1966 по 2010 годы – представительная магнитуда $M=2,9$.

Каталог землетрясений, предложенный компанией Rizzo, в инструментальной части компилятивно составлен из трёх источников:

- каталоги землетрясений для Турции [24];
- каталоги Афинского университета [25];
- бюллетени международного сейсмологического центра (ISC) [30].

При этом каталоги [24] и [25] заканчиваются событиями, произошедшими до 1964 года. Период с 1964 по 2009 годы представлен землетрясениями из [30].

Интервалы времени, охватываемые в каталогах [24] и [25], определились первой записью, для которой есть более или менее уверенная оценка магнитуды. Общий интервал времени в сводном каталоге, таким образом, составил 2351 год.

Магнитудные оценки в каталоге Rizzo единообразно преобразованы в моментную магнитуду M_w .

Характеристика полноты сводного каталога Rizzo для событий инструментального периода в 320 км зоне представлена в таблице 6-4.6.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ЛАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-72



Таблица 6-4.6 – Год полноты в каталоге Rizzo для инструментального периода

Магнитуда M_w	Год полноты каталога для 320 км зоны
3,0	1999
4,0	1968
5,0	1918
6,0	1905

Для приведения последовательности событий Пуассоновскому виду каталог Rizzo декластеризован.

Каталог инструментальных землетрясений Rizzo может быть предоставлен в электронном виде по требованию.

Сводный каталог WP разработан на основании двух источников:

- МАГАТЭ, Сейсмический каталог для Турции (1996), в котором представлены события за период с 2100 года до н. э. по 1994 год [23];

- каталог, составленный в рамках работ по проекту АЭС «Аккую» Субконтрактом (Обсерватория Кандилли – BU KOERI), с 1900 по 2010 годы [20].

Помимо указанных источников данных о землетрясениях, WP пользовался данными каталога IRIS.

Исследования WP в региональном масштабе выполнялись на территории с радиусом 350 км и центром на площадке.

В интервале магнитуд $M_w=3,0...8,1$ каталог насчитывает 4764 события, однако практически был использован для событий с M_w более 4,0.

Оценивалась полнота сводного каталога (о декластеризации ничего не сообщается – поскольку декластеризованны исходные каталоги).

Год, начиная с которого сводный каталог WP для событий разных магнитуд инструментального периода может считаться полным, приведён в таблице 6-4.7.

Таблица 6-4.7 – Год полноты каталога WP (для инструментального периода)

Магнитуда M_w	Год полноты каталога для 350 км зоны
3,0	1997
4,0	1964
5,0	1921
6,0	1821

Каталог инструментальных землетрясений WP в электронном виде может быть предоставлен по запросу.

Инструментальные исследования микроземлетрясений

Микросейсмичность в окрестностях площадки изучалась группой учёных из Стамбульского технического университета [31]; были организованы три экспедиции в период с 1977 по 1988 годы.

С 1977 по 1978 годы целевые исследования микроземлетрясений проводились в две стадии. Первая стадия продолжалась около четырех месяцев, начиная с июня 1977

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-73



года, вторая – осуществлялась с марта по август 1978 года. Исследования проводились с использованием локальной сейсмической сети из 10 станций, расположенных в радиусе 60 км от площадки АЭС. Всего было зафиксировано 122 события с магнитудами от 1,2 до 4,3 в пределах зоны, ограниченной координатами 35,00°...38,50° с.ш. и 30,50°...36,00° в.д. За период исследований в 1977-1978 годах существенной сейсмической активности не наблюдалось.

С апреля 1985 года по июнь 1986 года в ближнем районе была установлена сейсмическая сеть из 17 сейсмических станций, расположенных в радиусе примерно 120 км от площадки АЭС. Всего в изучаемом районе было зафиксировано 515 событий с магнитудами от 1,1 до 4,6. Вероятно, в результате увеличения количества сейсмических станций во время этого периода исследований была зафиксирована более высокая сейсмическая активность. Две группы кластеров событий образуют некоторую цепочку с северо-востока на юго-запад параллельно береговой линии.

С декабря 1986 года по январь 1988 года наблюдения проводились на основе сети из 17 сейсмических станций. Конфигурация сети была сходна с той, что использовалась во время второй фазы изысканий, за исключением того, что две станции были размещены дальше на восток. Нет веских доказательств того, что видимая часть разлома Esemis сопровождалась микросейсмической активностью в ходе настоящего исследования. В области, расположенной между южным окончанием разлома Esemis и городом Мерсин, однако, имеются отдельные микроземлетрясения с магнитудами $M > 2,5$. Однако авторы исследований не считают этот факт достаточным доказательством того, что зона разлома Esemis продолжается дальше на юг от города Pozanti. Всего в изучаемом районе было зафиксировано 577 сейсмических событий с магнитудами от 1,5 до 4,8. Список сейсмических событий в радиусе 60 км от площадки АЭС, зафиксированных во время трех экспедиций (1977-1978, 1984-1985, 1986-1988 годах), приведён в приложении L.

Сейсмические события, определенные с 1977 по 1988 годы локальными сейсмическими сетями экспедиционного назначения, были объединены с событиями, зарегистрированными национальными сейсмическими сетями, для получения более точной характеристики общей картины пространственной деформации ближайшей области. Как показано на рисунке 6-4.13, пространственное распределение землетрясений грубо характеризует два блока: один испытывает внутреннюю деформацию, второй – практически не проявляет сейсмической активности. Линия, разделяющая эти блоки, продлевается в направлении с северо-востока на юго-запад. Несмотря на то, что отдельные результаты геологической съёмки показывают наличие некоторых разломов, распространяющихся с северо-востока на юго-запад, интеграция полученных результатов создает картину деформации неподвижного блока, а не сдвиг по разлому. Является ли линия в направлении с северо-востока на юго-запад, разделяющая два блока, разломом – предмет дальнейшего исследования, которое будет осуществляться с использованием данных, регистрируемых с помощью вновь созданной в 2011 году локальной сейсмической сети.

Таким образом, результаты инструментальных сейсмических исследований свидетельствуют, во-первых, об относительно низкой активности землетрясений в ближнем районе площадки, а во-вторых – эти результаты, в целом, совместимы с представлениями о структурно-тектоническом устройстве района.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-74

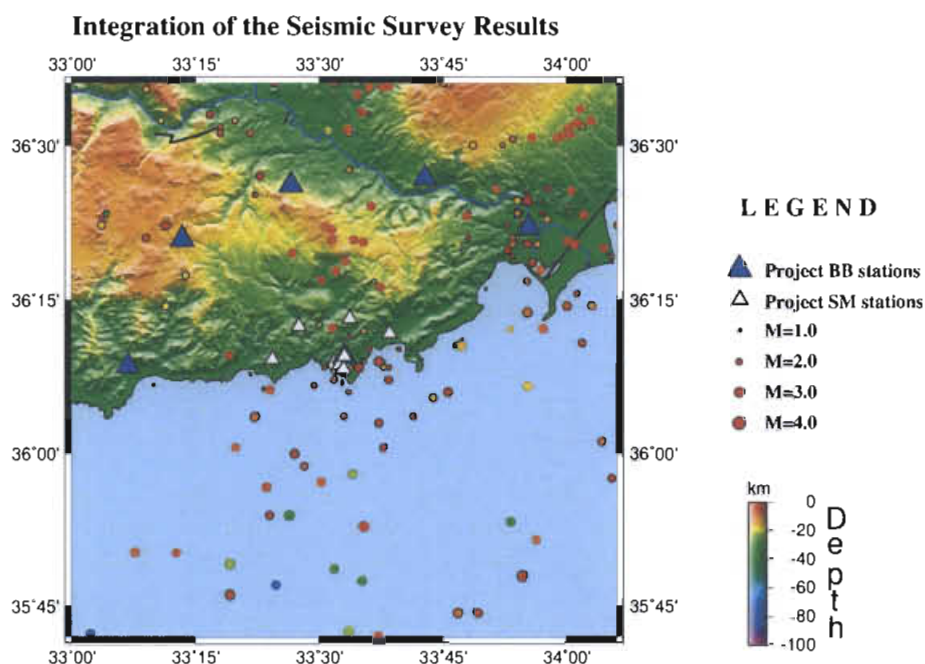


Рисунок 6-4.13 – Интеграция результатов определения эпицентров землетрясений по данным инструментальных наблюдений экспедиционного типа и данным, полученным национальными стационарными сетями сейсмических станций [20]

Цель исследования микроземлетрясений, начатого в начале июля 2011 года, – выявить активные разломы, участвующие в современной тектонической деформации вокруг площадки АЭС, а также прогнозировать их поведение в будущем. В рамках этой задачи на территории приблизительно $80 \times 40 \text{ км}^2$ были размещены 13 цифровых сейсмических станций; среднее расстояние для станций, регистрирующих сильные колебания, примерно 5 км, а для широкополосных станций – 20 км. Локальная сеть мониторинга состоит из семи акселерометров для регистрации сильных колебаний (SM) и шести широкополосных сейсмометров для регистрации слабых колебаний (WM). Конфигурация сети показана на рисунках 6-4.13 и 6-4.14. Акселерометры SM установлены на небольших расстояниях в районе площадью $20 \times 10 \text{ км}^2$, примерно в 10...15 км от стройплощадки АЭС, в местах с разными рельефными условиями, а три из них размещены непосредственно на площадке АЭС. Один из акселерометров (у въезда на площадку) относится к опорной (референц) станции, оснащённой, кроме акселерометра, также широкополосным сейсмометром.

В радиусе 50 км от площадки АЭС с 1 июля по 31 октября 2011 года в общей сложности были зарегистрированы свыше 135 сейсмических событий с $0,5 \leq MD \leq 2,7$.

Эпицентры событий, представленных на рисунке 6-4.14, лоцируются с точностью $\pm 2 \text{ км}$ внутри сети и с меньшей точностью вне сети. Надёжность локации удаленных событий с очагами за пределами сети повышена за счёт включения в обработку первых вступлений волн, зафиксированные на нескольких близлежащих станциях, принадлежащих национальной сейсмической сети, управляемой BU KOERI и AFAD. Пороговое значение магнитуды события, которое может быть надёжно обнаружено, по результатам наблюдений в 2011 году составляет 1,4.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-75

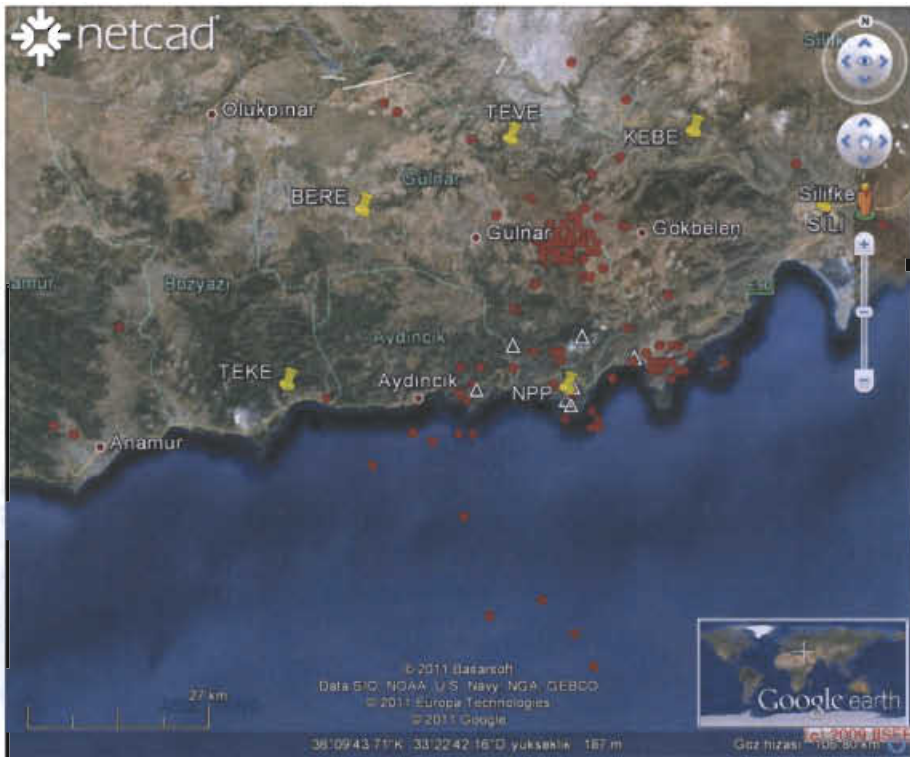


Рисунок 6-4.14 – Сейсмические события, обнаруженные в период с 01 июля по 31 октября 2011 года в пределах радиуса 50 км от площадки АЭС

Значительная часть зарегистрированных событий, как установлено при тщательном анализе, обусловлена промышленными взрывами. Кроме того, в районе регулярно производятся дорожные работы, связанные с подрывом небольших зарядов взрывчатых веществ. Прямой опасности сейсмического воздействия для АЭС «Аккую» данные события не представляют, однако, могут быть ошибочно интерпретированы как природные землетрясения при анализе инструментальной сейсмичности. В связи с этим обстоятельством включению того или иного события в каталог землетрясений предшествовал всесторонний анализ и дискриминация техногенных событий (взрывов).

Список микроземлетрясений, зарегистрированных в цикле исследований 2011 года локальной сетью сейсмических станций в окрестностях площадки АЭС «Аккую», приведён в приложении L.

Сеймотектонические регионы и взаимоотношения землетрясений с активными структурами и сеймотектоническими регионами

В рамках исследований сейсмической опасности для площадки участниками Проекта АЭС «Аккую» (ENVY/BU KOERI, ИФЗ РАН, WorleyParsons, Rizzo) в 2011 году разработаны шесть моделей сеймотектонического устройства региона. Ещё одна (седьмая) модель, использованная при оценке сейсмической опасности группой WorleyParsons, была разработана в 1980 году Средне-Восточным техническим университетом (METU). Для снижения уровня субъективности и для учета различных соотношений между доступными сеймотектоническими данными принято рассматривать более одной модели очагов землетрясения и использовать их при оценке сейсмической опасности.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-76



Модели ENVY/BU KOERI

Для стандартного анализа сейсмической опасности ENVY/BU KOERI использованы три сейсмотектонических модели региона (модели зон ВОЗ). Подробные сведения об элементах трёх моделей ENVY/BU KOERI приведены в [20].

Первая (Модель 1) разработана в рамках Проектов SHARE «Seismic Hazard Harmonization in Europe» (www.share-eu.org) и EMME «Earthquake Model of Middle East» (www.emme-gem.org). Эта модель описывает зоны ВОЗ всей территории Турции.

Вторая (Модель 2) разработана в рамках целевых для АЭС «Аккую» исследований, проведённых METU/EERC [16] в 1983 году для ТЕК [33] и была усовершенствована в 1989 году [34, 35].

Третья (Модель 3) отличается от Модели 2 введением в схему отдельной узкой зоны, связанной с разломом Есеміш и его гипотетическим продолжением в юго-западном направлении. Если гипотеза продолжения разломной зоны Есеміш в юго-западном направлении подтвердится дополнительными исследованиями, то расстояние до площадки от этой зоны может оказаться 30...40 км, что в свою очередь, существенно повлияет на оценки сейсмической опасности для АЭС «Аккую».

В Модели 3 по сравнению с Моделью 2 изменена максимальная магнитуда зоны ВОЗ R11. Зоне R11 в Модели 3 приписана максимальная магнитуда $M=6,0$, а внедрённой зоне Есеміш – максимальная магнитуда $M=8,0$.

Модель 3, в соответствии с [20], имеет «пробное» назначение. Узкая зона разлома Есеміш, «внедрённая» в зону R11 Модели 2 и находящаяся на расстоянии около 25 км от площадки АЭС, рассматривается только для оценки её гипотетического воздействия на площадку. Гипотеза продолжения разлома Есеміш в юго-западном направлении до широты площадки в море существует и время от времени эксплуатируется на протяжении двух десятилетий. Однако, результаты специальных полевых и морских геолого-геофизических исследований, завершённых в декабре 2011 года (о которых сообщается в [36, 37]), не подтвердили этой гипотезы и позволили установить, что, по крайней мере, в ближней прибрежной зоне площадки нет продолжений разлома Есеміш.

Карты-схемы Моделей и параметры сейсмичности в зонах ВОЗ Моделей 1, 2 и 3 приведены в приложении N.

Модель ИФЗ РАН

ИФЗ РАН разработана альтернативная модель зон ВОЗ (Модель 4) [21]. При построении модели, пригодной для вычислений, усреднялись некоторые тонкие эффекты (особенно для удалённых зон, вклад которых в оценку опасности относительно мал). При выборе ширины и конфигурации зон использовались различные подходы, при которых предпочтение при возможности выбора отдавалось более консервативному варианту. Была исследована обширная территория, причем по мере удаления от объекта точность и детальность исследований падают, что позволяет оптимально расходовать вычислительные ресурсы и практически не влияет на окончательный результат.

В результате проведения сейсмотектонических исследований, сейсмологических наблюдений в ближнем районе площадки и интерпретации имеющихся фондовых и архивных данных на территории (в радиусе 300 км) в Модели 4 выделены восемь зон ВОЗ.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-77

Карта-схема Модели 4 приведена на рисунке 6-4.15. Сведения о зонах ВОЗ приведены в таблице 6-4.8. Номера зон в таблице совпадают с номерами на карте.

Таблица 6-4.8 – Максимальная магнитуда землетрясений для сеймотектонических регионов в Модели 4

Зона	Название зоны	Mmax	Тип подвижки
1	Эшемишская	7,5	Левый сдвиг
2	Тузская	7,0	Взбросо-сдвиг
3	Бейзехирская	6,5	Правый сдвиго-сброс
4	Кадинхани-Алтинекинская	6,5	Левый сбросо-сдвиг
5	Козанская	7,0	Взбросо-сдвиг
6	Северо-Кипрская	7,5	Взбросо-сдвиг
7	Кипрская	8,0	Субдукция
8	Антиохская (Левантская)	8,0	Левый сдвиг

Координаты полигонов, соответствующих зонам ВОЗ Модели 4, приведены в приложении N.

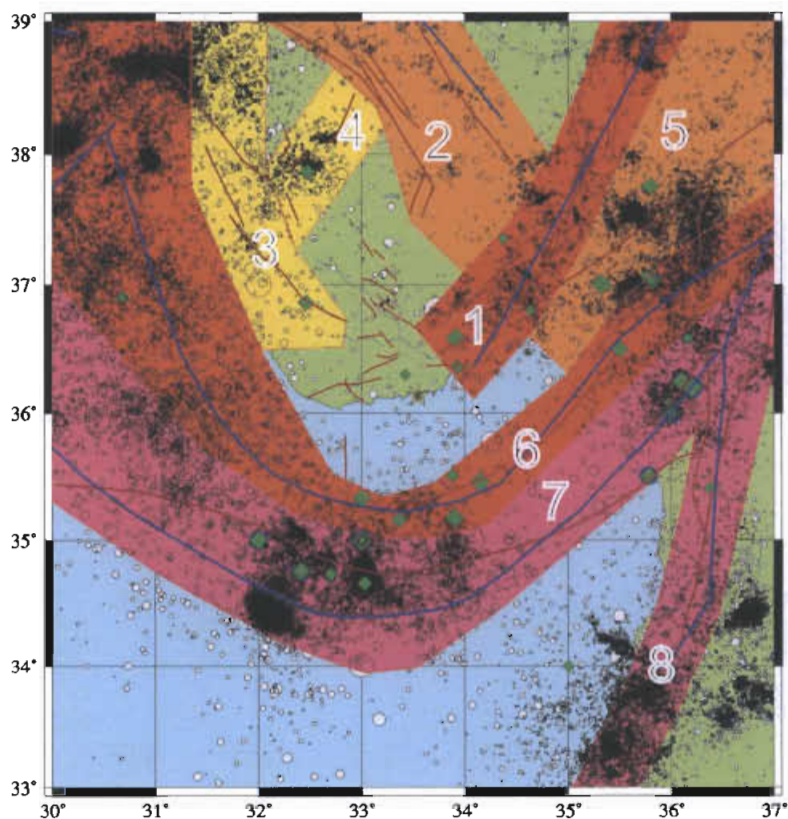


Рисунок 6-4.15 – Модель 4 сеймотектонического районирования и зон ВОЗ для региона; показаны эпицентры инструментального (кружки) и исторического (ромбы) периодов; схема разломов (коричневые линии) показана по материалам [20]; синие линии – основные тектонические элементы по [38]

Повторяемость землетрясений (закон Гуттенберга-Рихтера) – одни из универсальных законов сейсмологии. Существенные отклонения графика $\lg N(M)$ от прямой линии говорят о низком качестве исходных данных и других недостатках

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ЛАЙОЛА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛАЙОЛА
-	-	07.2012	0	6-78

проведенного анализа. Для каталога землетрясений в выбранных территориальных рамках график повторяемости представлен на рисунке 6-4.16.

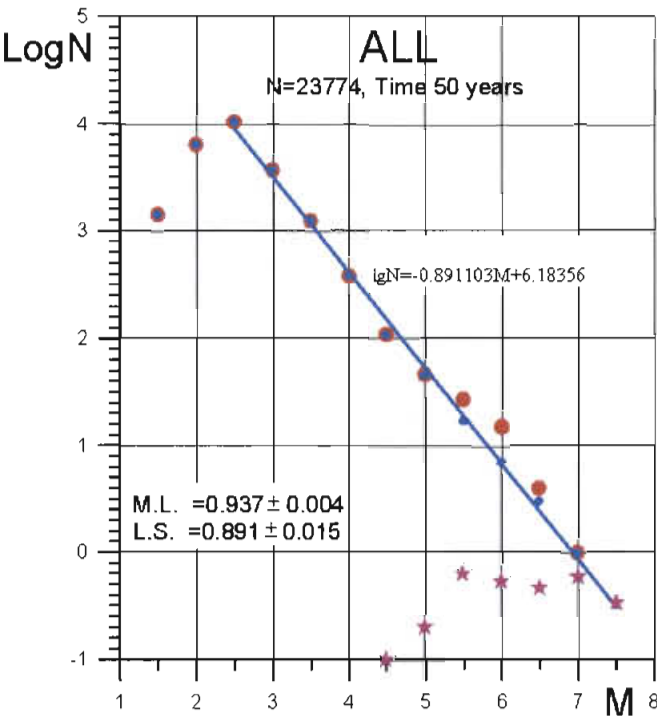


Рисунок 6-4.16 – График повторяемости для всей рассматриваемой территории

На графике представлены данные за последние 50 лет. Кроме того показаны события с 1900 года (красные кружки). Видно, что до 1960 года каталог непредставителен. По магнитуде график представителен с $M \geq 2,25$. Здесь же показаны исторические землетрясения (звездочки). Нормировка выполнена только по времени, без учета площади. Хорошо видно, что исторический каталог не полон. Представительными являются землетрясения с $M \geq 7,5$. На графиках использованы следующие обозначения: M.L. – расчет методом максимального правдоподобия, L.S. – методом наименьших квадратов (сокращенная главная ось). Синим цветом проведена обычная регрессия.

Графики повторяемости для зон рассеянной сейсмичности и зон ВОЗ приведены на рисунках 6-4.17 и 6-4.18. Графики нормированы на интервал 50 лет (синие кружки), но не нормированы на площадь. На всех графиках зеленым цветом нанесены данные с 2000 года, которые в дальнейших расчетах не используются, но являются некоторым критерием качества основных данных.

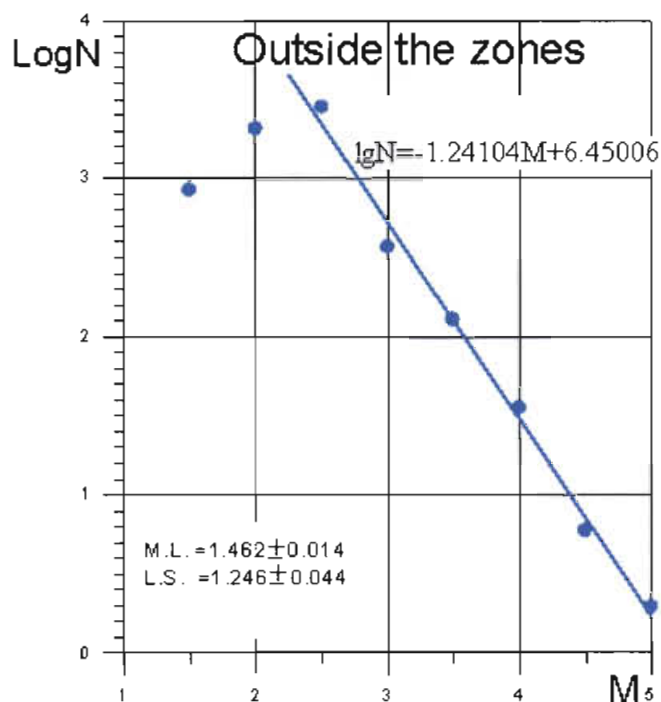


Рисунок 6-4.17 – График повторяемости для рассеянной компоненты сейсмичности (вне выделенных зон БОЗ)

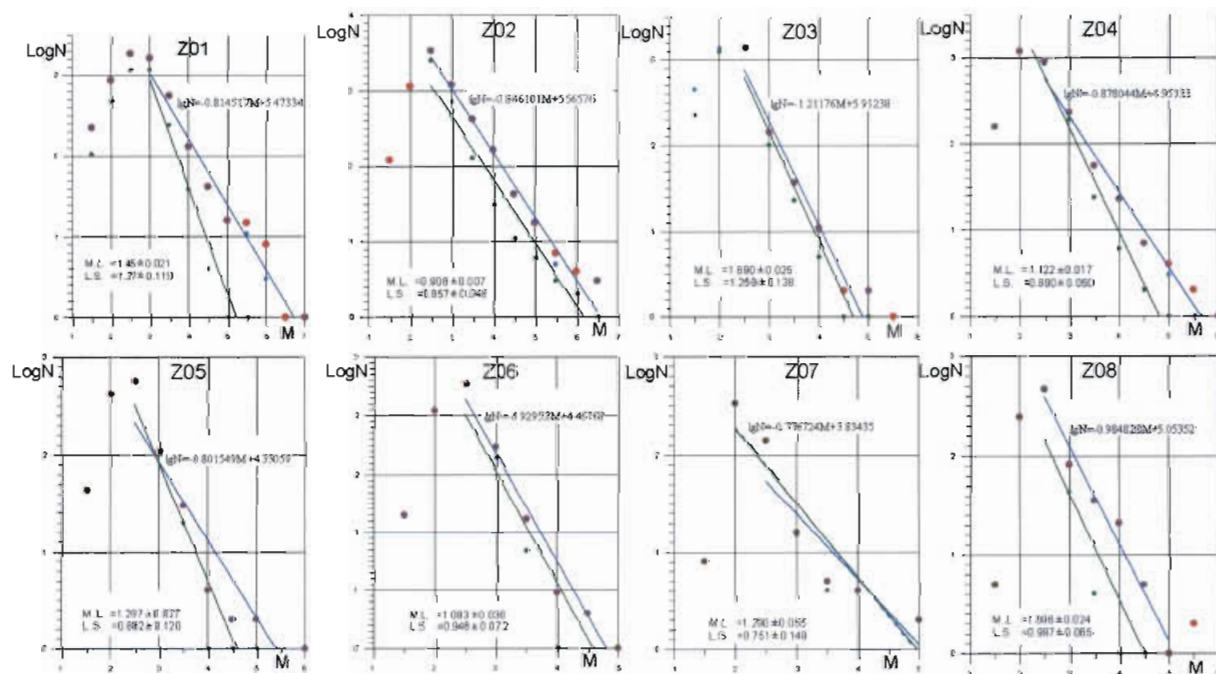


Рисунок 6-4.18 – График повторяемости землетрясений в выделенных зонах БОЗ

Оценка потенциала фоновой сейсмичности

Как показывает опыт, землетрясения не всегда оказываются пространственно приуроченными к ранее известным активным разломам. Практически в любом сейсмоактивном месте можно найти те или иные разломы (молодые или старые), выделенные по тем или иным признакам. Поэтому полезно выявлять собственную

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-80

структуру сейсмичности независимо от априорных (с сейсмологической точки зрения) сведений о тектонической структуре исследуемого района [39]. Последующее ее сопоставление с геологическими и другими геофизическими полями может дать новую информацию о сейсмогенезе района.

Развивая методы кластерного анализа применительно к сейсмичности, в работах [39, 40] было предложено ввести понятия сосредоточенной и рассеянной компонент. Предполагается, что эпицентры землетрясений некоторой области, достаточно близкие друг другу (кластеризованные), составляют сосредоточенный тип, достаточно далекие друг от друга (случайные) – рассеянный тип. События всех кластеров, величина которых меньше или равна пороговой, будут отнесены к рассеянной компоненте сейсмичности, остальные – к сосредоточенной компоненте сейсмичности. Для выбора строится гистограмма распределения кластеров по числу событий в них. Обычно распределение неравномерно, и по его виду определяется пороговое число для выделения сосредоточенной компоненты.

Контроль качества разделения выполнен с помощью графика индекса Моришты [41] (рисунок 6-4.19). На графике хорошо видно, что сосредоточенная компонента имеет выраженный кластеризованный (скупенный) характер пространственного распределения, а рассеянная близка к случайному распределению. Это подтверждает объективный характер результата, показанного на рисунке 6-4.20.

Таким образом, максимальное землетрясение, отнесенное к фоновой (рассеянной) сейсмичности при разделении сейсмичности на компоненты имеет магнитуду 5,0 (для представительного периода наблюдений с 1960 года). Если прибавить 0,5 единицы магнитуды, как это принято в сейсмологической практике, получится, что максимальное землетрясение, которое может произойти в любом пункте рассматриваемой территории, имеет магнитуду $M_{max}=5,5$.

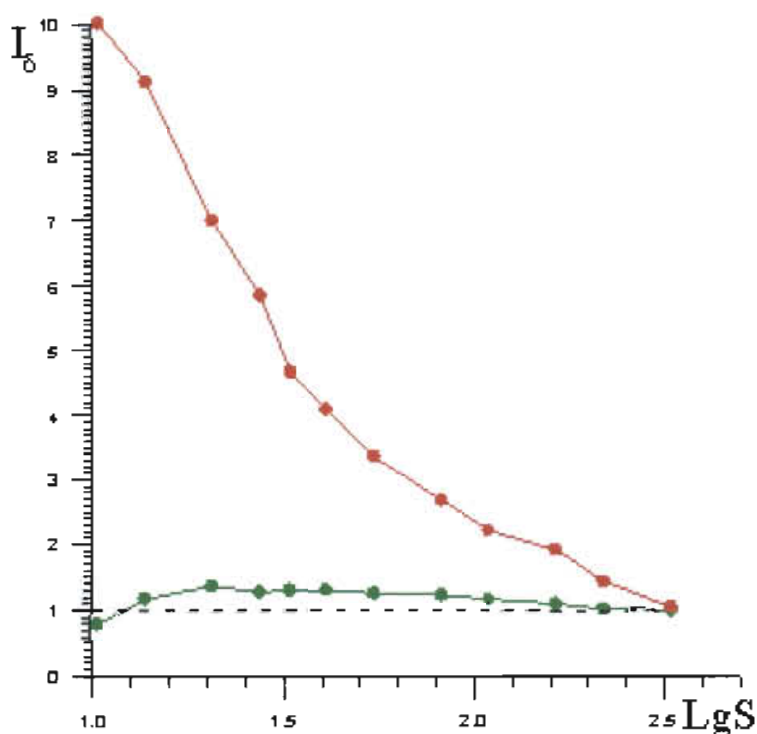


Рисунок 6-4.19 – График индекса Моришты для сейсмичности территории

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	ЛИСТЫ/ВСЕГО
-	-	07.2012	0	6-81

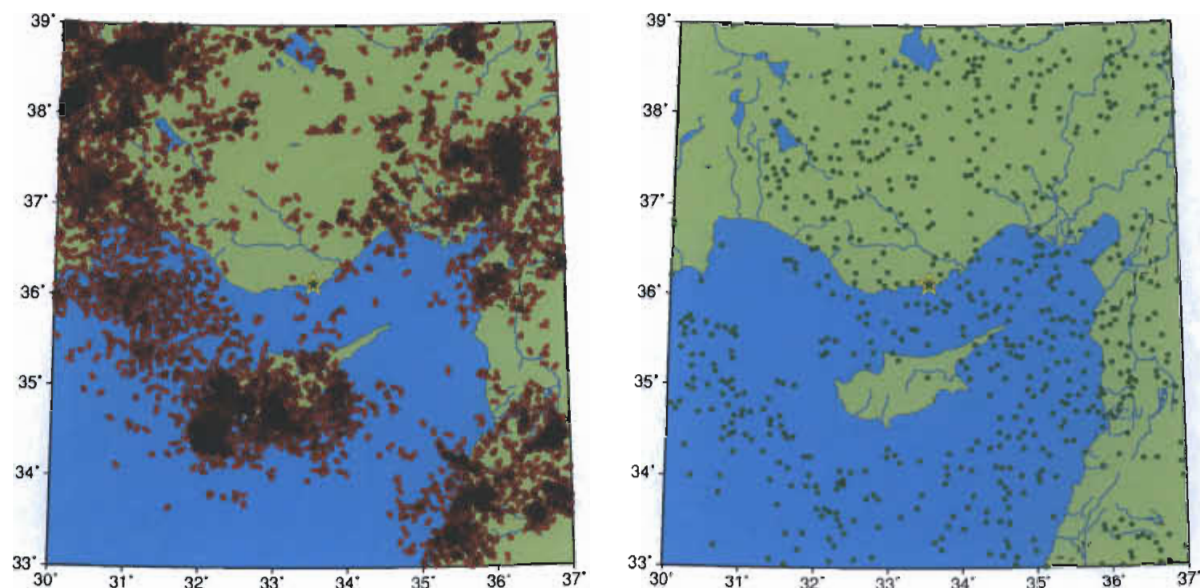


Рисунок 6-4.20 – Сейсмичность района с разделением на сосредоточенную (слева) и рассеянную (справа) компоненты

Модель WP (Модель 5(B))

Разработана группой WorleyParsons в 2011 году [36]. Выделяются следующие наиболее важные тектонические элементы в зоне региона (радиус 350 км от площадки): в западной Турции – зона разлома Фетхие-Бурбур, разлом залива Анталии, разломы Акшехир, Beysehir, Караман; в восточной Турции – восточная часть Анатолийского разлома и его оперение, разломы Сива, разломы Соленого озера (Tuz golu); на юге тектонические структуры относятся к Греческой зоне субдукции и Кипрской дуге.

Модель 5 была разработана на основе имеющихся геологических данных активных тектонических движений в регионе. Каждая из 14 выделенных зон соответствует конкретной системе активных разломов, описанных в опубликованных научных статьях и докладах. Описание каждой зоны сосредоточено на имеющихся количественных оценках параметров разломов (например, длина сегмента, скорость долговременного и кратковременного смещения), позволяющих ограничить степень активной тектоники и оценить значение M_{max} .

Карта-схема Модели 5 и параметры сейсмичности в зонах ВОЗ приведены в приложении N.

Модель METU 1980 (Модель 6 (C))

Модель разработана усилиями METU в 1980 году [42] и принята в оригинальном виде в качестве одной из двух альтернативных моделей в вероятностном анализе сейсмической опасности, выполненном в 2011 году группой WorleyParsons. Модель 6 включает девять зон ВОЗ. Зоне R4, где размещена площадка АЭС, приписана $M_{max}=6,0$.

Карта-схема Модели 6 и параметры сейсмичности в зонах ВОЗ этой модели приведены в приложении N.

НОМЕР Контракта	НОМЕР НАКЛАДА	ДАТА ВЫПУСКА	ПЕРИОД	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-82



Модель Rizzo 2011 (Модель 7)

Модель 7 состоит из 16 зон ВОЗ, однако конфигурация и взаимоотношение некоторых зон имеет несколько вариантов. Особенностью схемы Rizzo [37] является разбиение зоны Кипрской дуги на ряд более мелких субзон (зоны 4, 5, 6, 7, 8). Точно также зона разлома Мёртвого моря разбита на две (зоны 9 и 10). Зона разлома Есемис (зона 13) представлена в схеме в двух альтернативных вариантах, по-существу, близких к зонам из Моделей 2 и 3 в отчёте ENVY/BU KOERI. В двух альтернативных вариантах представлена конфигурация зоны 16 (Namrun).

Географические координаты вершин полигонов, ограничивающих зоны ВОЗ в Модели 7, а также параметры сейсмичности в зонах, приведены в файлах приложения N.

В настоящее время (март 2012) выполняется критический анализ использованных каталогов исторических и инструментальных землетрясений региона с обсуждением некоторых спорных событий, влияющих на схемы сейсмотектонического районирования и характеристики некоторых зон ВОЗ. Как ожидается, в результате такого анализа в 2012 году данные всех четырёх исследований будут объединены в общей базе данных, и все разработанные модели районирования будут интегрированы при вероятностном (и детерминистском) анализе сейсмической опасности посредством единого логического дерева, что позволит сделать внутренне согласованную оценку опасности для площадки АЭС «Аккую».

6.5 ПОДВИЖКИ ГРУНТА ДЛЯ ПРОЕКТНЫХ ОСНОВ

Проектные параметры уровней МРЗ и ПЗ были определены на первой стадии изысканий с 1976 по 1990 годы с помощью вероятностного и детерминистского подходов. Для оценки параметров сейсмических колебаний детерминистского уровня МРЗ были выделены следующие землетрясения.

Проектное землетрясение 1 (DE-1) – землетрясение с $M_s=6,5$, связанное с зоной ВОЗ площадки, непосредственно под площадкой АЭС при глубине очага 30 км.

Проектное землетрясение 2 (DE-2) – землетрясение с $M_s=8,0$, связанное с зоной ВОЗ Кипра R8, в 60 км к югу от площадки АЭС.

Для оценки параметров колебаний детерминистского уровня ПЗ были выделены следующие проектные землетрясения:

Проектное землетрясение 1 (DE-1) – землетрясение с $M_s=5,6$ (соответствующее событию 9 декабря 1947 года в зоне ВОЗ, к которой приурочена площадка);

Проектное землетрясение 2 (DE-2) – землетрясение с $M_s=6,5$ (соответствующее двум событиям с самыми высокими магнитудами в зоне ВОЗ Кипра R8), в 60 км к югу от площадки АЭС.

Сводка параметров землетрясений, определенных для площадки АЭС Аккую с помощью детерминистского метода, представлена в таблицах 6-5.1...6-5.2.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-83



Таблица 6-5.1 – Проектные параметры землетрясения на площадке АЭС Аккую (МРЗ, период повторяемости Т=10000 лет, детерминистский подход)

Параметр	DE-1		DE-2	
	Вероятность непревышения 50 %	Вероятность непревышения 84 %	Вероятность непревышения 50 %	Вероятность непревышения 84 %
Интенсивность сотрясений I, MSK-64	6,5	7,2	7,4	8,1
Пиковое ускорение (горизонтальная компонента), g	0,09	0,19	0,20	0,23
Пиковая скорость (горизонтальная компонента), м/с	0,08	0,15	0,20	0,33

Таблица 6-5.2 – Проектные параметры землетрясения на площадке АЭС Аккую (ПЗ, период повторяемости Т=500 лет, детерминистский подход)

Параметр	DE-1		DE-2	
	Вероятность непревышения 50 %	Вероятность непревышения 84 %	Вероятность непревышения 50 %	Вероятность непревышения 84 %
Пиковое ускорение (горизонтальная компонента), g	0,06	0,12	0,05	0,08
Пиковая скорость (горизонтальная компонента), м/с	0,04	0,07	0,04	0,08

Вероятностные оценки параметров МРЗ (период повторяемости Т=10000 лет):

- интенсивность сотрясений 8 баллов по шкале MSK-64;
- пиковое ускорение (горизонтальная компонента) 0,26 g.

Вероятностные оценки параметров ПЗ (период повторяемости Т=500 лет):

- интенсивность сотрясений 7 баллов по шкале MSK-64;
- пиковое ускорение (горизонтальная компонента) 0,13 g.

В результате детерминистской и вероятностной оценок представлены обобщённые значения ускорений и рассчитаны дополнительные параметры колебаний уровня МРЗ и ПЗ. Параметры колебаний для площадки АЭС приведены в таблице 6-5.3.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-84



Таблица 6-5.3 – Значения пиковых ускорений, скоростей и смещений для проектных событий МРЗ и ПЗ

Параметры	ПЗ, T=500 лет		МРЗ, T=10000 лет	
	DE-1	DE-2	DE-1	DE-2
PHA, g [*]	0,12	0,08	0,18	0,24
PHV, м/с	0,06	0,07	0,15	0,27
PHD, м	0,02	0,04	0,08	0,18
PVA, g ^{**}	0,08	0,06	0,10	0,16
PVV, м/с	0,04	0,05	0,10	0,18
PVD, м	0,015	0,025	0,06	0,12
* PHA (PHV, PHD) – пиковое ускорение (скорость, смещение) для горизонтальной компоненты				
** PVA (PVV, PVD) – пиковое ускорение (скорость, смещение) для вертикальной компоненты				

Пиковые смещения рассчитывались на основе нормативных отношений $(PHA-PHD/PHV)=6$.

Для компонентов вертикальных и горизонтальных колебаний было принято нормативное отношение «две трети».

Состояние изученности сейсмотектонических и сейсмологических условий площадки АЭС «Аккую», в том числе, полученная величина ускорения при МРЗ рассматривалось и оценивалось экспертами МАГАТЭ [43, 44]. В результате экспертизы было рекомендовано увеличить оценку горизонтального пикового ускорения до 0,3 g.

Для оценки сейсмических воздействий руководство МАГАТЭ SSG-9 [45] указывает два уровня: SL-1 и SL-2 (в России этому соответствуют определения ПЗ и МРЗ). Для ПЗ среднегодовая (медианная) вероятность превышения устанавливается равной 0,001, а для МРЗ – 0,0001.

Проектные параметры ПЗ для периода повторяемости T=1000 лет определены не были. Как ожидается, эти параметры будут установлены во II квартале 2012 года.

Проектные акселерограммы и спектры реакции

На предварительном этапе исследования (до 1990 года) был предложен вариант стандартных спектров (независимых от площадки). Использовались стандартные спектры Newmark and Hall, 1978 (NUREG 0098) [46] и стандартные спектры RG 1.60 [47].

Акселерограммы, совместимые с этими спектрами реакций, не были синтезированы или выбраны из базы данных сильных движений грунта. Ожидается, что разработка современных спектров и акселерограмм для площадки АЭС «Аккую», будет закончена в 2012 году.

Определение колебаний грунта

Сейсмическую опасность принято описывать в терминах средней годовой вероятности превышения (или непревышения) заданных уровней колебаний на свободной поверхности грунта в конкретном пункте (площадке). В качестве параметров колебаний обычно принимаются пиковое (PGA) и спектральные (SA(T)) ускорения, а также интенсивность сотрясений (I).

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-85



Параметры расчётных землетрясений определялись детерминистским (DSHA) и вероятностным (PSHA) методами. В PSHA и DSHA используются модель (несколько моделей) сейсмических источников (зон ВОЗ) и модель (несколько моделей) прогноза параметров колебаний (GMPE). В исследованиях для площадки АЭС «Аккую» применялся классический вариант PSHA, где постулируется, что проявление землетрясений во времени и в пространстве описывается как Пуассоновский процесс [48].

Типовая (классическая) модель анализа сейсмической опасности включает несколько стадий:

- определение вероятностного распределения магнитуд землетрясений на основе закона повторяемости Гуттенберга-Рихтера $\log N = a - bm$, где N — число толчков с магнитудой больше или равной m в единицу времени и единица территории (или единицу протяженности), а a и b — сейсмические постоянные для любого заданного региона. Значение N находится, как правило, если предположить, что m имеет верхнюю и нижнюю границу m_{max} и m_0 .

- определение вероятностного распределения землетрясений во времени;

- определение (прогноз) параметров колебаний на площадке на основе магнитуды, расстояния, глубины очага, типа подвижки в очаге, скоростного строения среды на площадке и т.д.;

- вычисление вероятности превышения уровня параметра колебаний на заданном интервале времени.

Математически это может быть описано следующим выражением

$$\lambda[Y \geq y] = \sum_{i=1}^N v_i \int_{m_0}^{m_{max}} \int_{R_0}^{\infty} \int_{\varepsilon_0}^{\infty} P[Y \geq y | m, r, \varepsilon] \cdot f_{M_i}(m) \cdot f_{R_i}(r) \cdot f_{\varepsilon}(\varepsilon) \cdot d\varepsilon \cdot dr \cdot dm$$

где v_i — это годовой уровень количества землетрясений с $m_0 \leq m \leq m_{max}$ в i -той зоне ВОЗ;

$P[Y > y | m, r, \varepsilon]$ — условная вероятность того, что заданное землетрясение магнитудой m на расстоянии r вызовет сейсмическое воздействие, превышающее y ;

ε — количество стандартных отклонений (в логарифмических единицах) от медианного уровня, предсказываемого соотношением затухания;

$f_M(m)$, $f_R(R)$, $f_{\varepsilon}(\varepsilon)$ — распределения плотности вероятности магнитуды, расстояния и ε , соответственно.

Как видно из этого уравнения, вероятностный сейсмический анализ, объединяет эффекты от всех возможных магнитуд и расстояний на площадке

Учёт неопределённостей, связанных с неполнотой знаний о процессах, и замене этих знаний некоторыми моделями (эпистемическая неопределённость) в современных приложениях SHA производится по технологии «логического дерева. Неопределённость такого рода может быть снижена путём включения альтернативных моделей с тем или иным «весом» практически на каждой из стадий SHA. Технология «логического дерева» позволяет с помощью просчетов по отдельным ветвям «дерева» с учетом экспертно задаваемых весов уменьшить произвол выбора конкретных моделей.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-86



Вторая группа неопределённостей связана со случайным характером процессов и принципиально не может быть снижена. Следует заметить, что основным источником неопределённости часто являются уравнения прогноза параметров колебаний (GMPE).

Прогноз характеристик сейсмических колебаний на площадке

В вероятностном анализе, выполненном ENVY/BU KOERI [49], в расчётах используются четыре уравнения прогноза колебаний (GMPE) из семейства NGA [50]:

- Abrahamson and Silva (2008) [51] – AS2008;
- Boore and Atkinson (2008) [52] – BA2008;
- Campbell and Bozorgnia (2008) [53] – CB2008;
- Chiou and Youngs (2008) [54] – CY2008.

Перечисленные выше уравнения пригодны для применения в регионах с высокой активностью неглубоких коровых землетрясений («active shallow region»).

В расчётах принималась скорость $V_{S30}=760$ м/с (как консервативный вариант – по нижней границе интервала скорости в классификации NEHRP Site Class B [55]).

Ни одному из четырёх уравнений авторы отчёта не отдали предпочтения, встроив их при анализе опасности в структуру логического дерева с равным весом

Одна из первых моделей предсказания интенсивности для Турции — модель Erdik and Eren (1983) [56]. Для того чтобы оценить затухание интенсивности для землетрясений, связанных с Северо-Анатолийским разломом как в параллельных, так и поперечных направлениях, Erdik et al. (1983) [18] предложили набор уравнений (соотношений) затухания. В своем анализе они использовали набор изосейсмических данных, который охватывает землетрясения, имевшие место на Северо-Анатолийском и Восточно-Анатолийском разломах. Затухание интенсивности в поперечном направлении к Северо-Анатолийскому разлому, исходя из регрессионного анализа, дается в виде:

$$I=0,34+1,545M-1,237 \ln R-0,001R, \sigma=0,60,$$

где I и σ обозначают среднюю интенсивность на расстоянии R в поперечном направлении к разлому и стандартное отклонение, соответственно.

Для трех уровней интенсивности затухание интенсивности в направлении, параллельном разлому, дается в таком виде:

$$- \ln D_{V_{III}}=2,20M-11,32, \sigma=0,47 \text{ и } r^2=0,782;$$

$$- \ln D_{V_{II}}=1,80M-8,40, \sigma=0,34 \text{ и } r^2=0,829;$$

$$- \ln D_{V_I}=2,02M-9,55, \sigma=0,45 \text{ и } r^2=0,726,$$

где D – расстояние контурного интервала от одного конца до другого;

σ – стандартное отклонение;

r – коэффициент корреляции.

Помимо этого, Erdik et al. (1985) [57] дают уравнение для всей Турции:

$$I=-2,74+2,13M-1,38 \ln(R+7), \sigma=0,70,$$

где I – интенсивность по шкале MSK;

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-87



M – магниту́да;

R – расстояние до эпицентра.

В таком виде уравнение более подходит для вероятностных вычислений, тогда как модель затухания интенсивности в компонентах, идущих параллельно и перпендикулярно разлому, дает более точную оценку при детерминистских расчётах.

Musson (2000) [58] разработал модель прогноза интенсивности для Турции:

$$I=1,063+1,522M_s-1,102\ln R-00043R, \sigma=0,486,$$

где R – расстояние до эпицентра;

I – интенсивность по шкале MSK-64;

M_s – магниту́да по поверхностным волнам.

Ещё одно уравнение прогноза интенсивности было предложено для Турции Sesetyan et al. (2005) [59].

$$\ln I = \ln(I_0) - c1 - c2 \ln(R^2 - h^2)^{0.5} - c3(R^2 - h^2)^{0.5},$$

$$I_0 = 0,44M_w^2 - 4,19M + 17,05, \quad R^2 = 0,80.$$

Коэффициенты этих уравнений приведены в таблице 6-5.4.

Таблица 6-5.4 – Коэффициенты, предложенные в [59] для уравнения прогноза интенсивности сотрясений

Очаговый механизм	c1	c2	c3	h, км	R ²	Стандартное отклонение
Горизонтальный сброс	0,3465	0,1979	0,001	4	0,95	0,2
Нормальный	0,366	0,1673	0,0009	4	0,86	0,14
Все	0,569	0,2462	0,0005	8	0,90	0,16

Анализ опасности ENVY/BU KOERI провели по технологии логического дерева.

Окончательные веса, приписанные различным ветвям логического дерева, представлены в таблицах 6-5.5 и 6-5.6. Для отдельных моделей зон ВОЗ получившиеся средние значения колебания грунта для периодов повторяемости, рассмотренных в исследовании, и полученных с помощью четырех GMPE, были извлечены из кривых средних значений рисков, получившихся из этих GMPE.

Таблица 6-5.5 – Логическое дерево для расчета ускорений колебаний грунта

Модель зон ВОЗ		GMPE	№ ветви	Вес модели	Параметры
Модель 1	Модель зон ВОЗ Турции (KOERI-SHARE-EMME)	BA2008	GM1	1/3	PGA Sa (T=0,2s) Sa(T=1,0s)
		CB2008	GM2		
		CY2008	GM3		
		AS2008	GM4		
Модель 2	Обновленная модель METU-EERC (1990)	BA2008	GM5	1/3	PGA Sa (T=0,2s) Sa(T=1,0s)
		CB2008	GM6		
		CY2008	GM7		
		AS2008	GM8		



Модель зон ВОЗ		GMPE	№ ветви	Вес модели	Параметры
Модель 3	Обновленная и модифицированная модель METU-EERC (1990)	BA2008	GM9	1/3	PGA Sa (T=0,2s) Sa(T=1,0s)
		CB2008	GM10		
		CY2008	GM11		
		AS2008	GM12		

Таблица 6-5.6 – Логическое дерево для расчета значений интенсивности

Модель зон ВОЗ		Модель прогноза интенсивности	№ ветви	Вес	Параметр
Модель 1	Модель зон ВОЗ Турции (KOERI-SHARE-EMME)	Erdik&Eren 1983	Int1	0,1111	Интенсивность
		Musson 2000	Int2	0,1111	
		Sesetyan et al 2005	Int3	0,1111	
Модель 2	Обновленная модель METU-EERC (1990)	Erdik&Eren 1983	Int4	0,1111	Интенсивность
		Musson 2000	Int5	0,1111	
		Sesetyan et al 2005	Int6	0,1111	
Модель 3	Обновленная и модифицированная модель METU-EERC (1990)	Erdik&Eren 1983	Int7	0,1111	Интенсивность
		Musson 2000	Int8	0,1111	
		Sesetyan et al 2005	Int9	0,1111	

В вероятностном анализе, выполненном ИФЗ РАН [60], обсуждаются и используются в расчётах шесть уравнений прогноза GMPE в терминах ускорений:

- Abrahamson, Silva (2008) – AS2008 [51];
- Campbell, Bozorgnia (2008) – CB2008 [53];
- Graizer, Kalkan (2009) – GK2009 [61];
- Akkar, Bommer (2007) – AB2007 [62];
- Akkar, Bommer (2010) – AB2010 [63];
- Аптикаев (2004) – Apt2004 [64].

При вероятностном анализе сейсмической опасности использованным уравнениям придавался следующий вес:

- AS2008 – 0,15;
- CB2008 – 0,15;
- GK2009 – 0,15;
- AB2007 – 0,15;
- AB2010 – 0,20;
- Apt2004 – 0,20.

Для анализа в терминах сейсмической интенсивности использовано уравнение:

$$I_i = bM - v \lg \sqrt{\Delta_i^2 + h^2} + c;$$

где Δ_i – расстояние от эпицентра;

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-89



h – глубина очага

b , ν и c – константы (в среднем, $b=1,5$, $\nu=4,0$ и $c=3,8$).

В моделях повторяемости землетрясений (по Гутенбергу-Рихтеру) параметры повторяемости использовались в трёх вариантах расчетов:

1) по фактическому графику повторяемости данной зоны ВОЗ, этот вариант наиболее предпочтителен и имеет наибольший вес;

2) по максимальному наблюдавшемуся значению магнитуды зоны реконструируется график повторяемости;

3) по M_{\max} , график реконструируется в предположении, что такое событие повторяется 1 раз в 10000 лет.

Два последних варианта имеют меньший вес по сравнению с первым вариантом.

Логическое дерево, использованное ИФЗ РАН, показано на рисунке 6-5.1.



Рисунок 6-5.1 – Логическое дерево для анализа и учета эпистемической неопределенности при PSHA в терминах ускорений (ИФЗ РАН)

В вероятностном анализе, выполненном группой Rizzo [37], в расчётах используются семь уравнений:

а) для неглубоких коровых землетрясений:

- Akkar, Bommer (2010) – AB2010 [63];

- Boore and Atkinson (2008) – BA2008 [52];

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-90



- Campbell, Bozorgnia (2008) – CB2008 [53];
- Zhao et al. (2006) – Z2006 [65];

б) для землетрясений с очагами в зонах субдукции:

- Atkinson and Boore (2003) – AB2003 [66];
- Youngs et. al. (1997) – Y1997 [67];
- Zhao et al. (2006) – Z2006 [65].

При анализе сейсмической опасности в логическом дереве Rizzo все перечисленные уравнения прогноза приняты с равным весом.

В расчётах принималась скорость $V_{S30}=1300$ м/с и $Z_{2,5}=0,5$ км.

Максимальные магнитуды, тип подвижки в очагах зон ВОЗ, глубина очагов, повторяемость землетрясений в зонах также заданы в модели Rizzo в альтернативных вариантах (в форме логических деревьев и заданными весами их ветвей). Таких видов логических деревьев – шесть:

- для учёта неопределённости конфигурации зоны ВОЗ;
- для учёта неопределённости оценки максимальной магнитуды зон ВОЗ;
- для учёта неопределённости типа подвижки в очагах землетрясений;
- для учёта неопределённости в оценках глубины очагов;
- для учёта неопределённости в оценках представительности каталога;
- для учёта неопределённости в параметрах повторяемости землетрясений в зонах ВОЗ.

Число альтернативных ветвей логического дерева при вероятностном анализе Rizzo несоизмеримо выше, чем в вариантах анализа, представленных ENVY/BU KOERI, ИФЗ РАН и WP. Альтернативы здесь имеются на каждом процедурном шаге расчёта и практически для каждой группы исходных данных и настраиваемых переменных.

В анализе, выполненном WP [36], в расчётах используются четыре уравнения:

а) для неглубоких коровых землетрясений:

- Campbell, Bozorgnia (2008) – CB2008 [53];
- Atkinson and Boore (2006) – AB2006 [68];

б) для землетрясений с очагами в зонах субдукции:

- Zhao et al. (2006) – Z2006 [65];
- Youngs et. al. (1997) – Y1997 [67].

Уравнения Z2006 и Y1997 использованы с равным весом (0,5).

Уравнение CB2008 применено в паре с AB2006 с весом 0,9, AB2006 – 0,1.

В расчётах принималась скорость $V_{S30}=1300$ м/с и $Z_{2,5}=0,5$ км.

Логическое дерево, используемое в PSHA (и DSHA), выполненном WP, имеет 72 альтернативные ветви расчёта (рисунок 6-5.2).

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-91

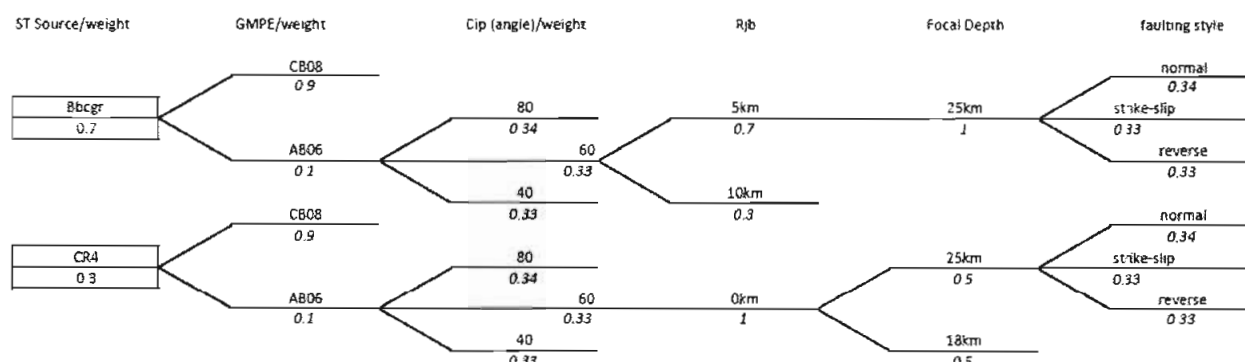


Рисунок 6-5.2 – Логическое дерево для анализа и учета эпистемической неопределенности при DSHA (и PSHA) в терминах ускорений (WP)

Авторы четырех исследований применяют GMPE в разных сочетаниях, придавая тому или иному уравнению разный вес при анализе эпистемической неопределенности по технологии логического дерева, в соответствии со своим опытом и интуицией. Поскольку в настоящее время проверка соотношения характеристик колебаний, фактически зарегистрированных на площадке, и прогнозируемых с помощью выбранных GMPE ещё не сделана, отдать предпочтение какому-либо из GMPE затруднительно.

Программные средства расчёта сейсмической опасности

В исследованиях, выполненных в 2011 году группами ENVY/BU KOERI и ИФЗ РАН использовалась программа SeisRisk III [69], причём ENVY/BU KOERI использовали эту программу только для расчёта опасности в терминах интенсивности сотрясений, а ИФЗ РАН – как в терминах интенсивности, так и в терминах ускорений. Для расчёта сейсмической опасности в терминах ускорений ENVY/BU KOERI применили программу EZ-FRISK, позволяющую выполнять PSHA и DSHA, к тому же позволяющую деагрегировать опасность.

Пакет программ, использованный для оценки сейсмической опасности (ПОСО) компанией WorleyParsons, был разработан на основе программы EQRISK [70]. ПОСО обеспечивает пользовательский интерфейс для подготовки данных для программы EQRISK и последующей обработки результатов. Кроме того, обеспечивается возможность введения дополнительных уравнений прогноза колебаний (GMPE).

В вероятностном анализе, выполненном группой Rizzo, использовались программы RIZZO-HAZARD. По запросу эти сведения могут быть предоставлены.

Деагрегация сейсмической опасности и определение сценарных землетрясений

На заключительной стадии PSHA выполнялась деагрегация сейсмической опасности, позволяющие определить землетрясения (магнитуду и расстояние), которые вносят наибольший вклад в сейсмическую опасность. методика, предложенная McGuire (1995) [71]. Модальные (сценарные) землетрясения определяются аккумулярованием годовых уровней превышения заданного уровня сейсмического воздействия на заданном спектральном периоде в определенных интервалах магнитуды, расстояния и ϵ (количестве стандартных отклонений в логарифмических единицах) от медианного уровня, предсказываемого GMPE) при численном интегрировании в расчёте сейсмической опасности.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-92



В исследовании ИФЗ РАН деагрегация проводилась в следующих интервалах:

- по магнитуде – 0,1 ед. магнитуды для $M=3,5 \dots 7,5$;
- по расстоянию – 2 км для $R=0 \dots 200$ км;
- по ϵ – 1,0 для $\epsilon=-2 \dots 2$.

Деагрегация проводилась для периодов 0,1с и 1,0 с.

По результатам деагрегации выбраны следующие сценарные землетрясения:

- МРЗ:

- а) $M=5,5$, $R=4$ км;
- б) $M=7,5$, $R=36$ км;

- ПЗ:

- а) $M=4,5$, $R=2$ км;
- б) $M=6,5$, $R=38$ км.

В исследовании ENVY/BU KOERI деагрегация опасности проведена в терминах ускорений (в том числе, спектральных на периодах 0,2 с и 1,0 с). В результате деагрегации выделены две группы очагов землетрясений, вносящих основной вклад в оценку сейсмической опасности на площадке АЭС «Аккую»:

- локальные очаги с $M < 6,0$ на удалении до 20 км от площадки (основной вклад);
- очаги с $M=6,0 \dots 8,0$ в диапазоне расстояний 30...100 км от площадки (относительно меньший вклад, в свою очередь – при МРЗ меньший, чем при ПЗ).

Для короткопериодных спектральных ускорений (в том числе, PGA) сейсмическая опасность при МРЗ и ПЗ определяется локальными очагами. Для длиннопериодных (1,0 с) спектральных ускорений опасность исходит от более удалённых от площадки землетрясений с $M > 6,0$.

Как оказалось, землетрясения, связанные с разломом Esemis, не представляют главный источник сейсмической опасности для площадки в любой из трёх моделей ВОЗ.

В исследовании WP результаты деагрегации показывают, что в районе есть два источника, контролирующих опасность:

- источник 5 (Кипрская дуга в Модели 5 (В), $M=8,0$);
- источник фоновой сейсмичности в Модели 5 (В), $M=6,5$.

Причина доминирования Кипрской дуги заключается в относительно высокой частоте повторяемости источника и ее относительной близости к площадке (115 км). Детерминистская опасность определяется локальными землетрясениями диффузной (фоновой) зоны, в пределах которой находится площадка.

В исследовании Rizzo с помощью деагрегации определены следующие доминирующие землетрясения (таблица 6-5.7).

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-93



Таблица 6-5.7– Параметры доминирующих землетрясений по Rizzo

Частота (для спектра реакции), Гц	Описание	Магнитуда (M_w)	Эпицентральное расстояние, км	Относительный вклад в сейсмическую опасность
1,75	Близкое	6,05	11	0,64
	Далёкое	7,37	180	0,36
7,5	Близкое	5,72	9	0,96
	Далёкое	7,20	160	0,04

Заключение

На возобновлённой стадии изысканий в 2011 году в части оценки сейсмической опасности для площадки АЭС «Аккую» выполнены четыре целевых исследования. Работы выполнены группами, представляющими разные страны: ENVY/BU KOERI (Турция), ИФЗ РАН (Россия), WorleyParsons (США) и Rizzo (США).

В результате исследований каждой из групп были составлены базы данных (каталоги) по историческим и инструментальным землетрясениям, разработаны модели сеймотектонического районирования (зон ВОЗ), выбраны модели затухания (GMPE) и методологии вероятностного и детерминистского анализа сейсмической опасности.

В настоящее время проводится критический анализ методологии и результатов четырёх исследований в части использованных каталогов землетрясений, моделей зон ВОЗ и моделей затухания. С учётом выводов из этого анализа во II квартале 2012 года предполагается унифицировать входные данные и выполнить обобщающий анализ сейсмической опасности с альтернативами в форме единого логического дерева, интегрирующим данные всех выполненных исследований.

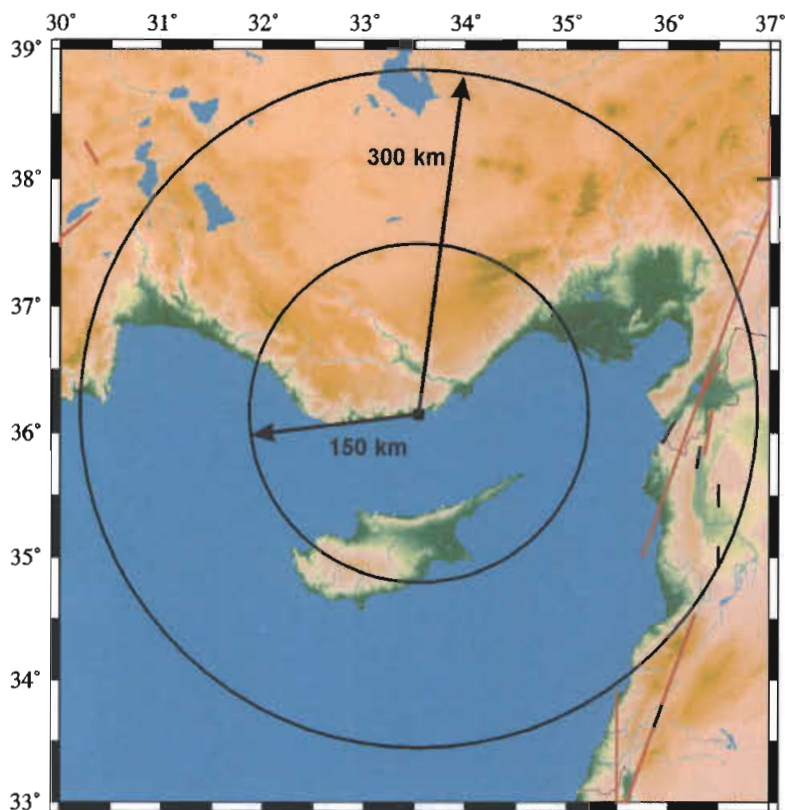
По результатам обобщающего анализа сейсмической опасности в 2012 году будет разработан и предложен для проектирования окончательный и согласованный комплект расчётных воздействий в форме проектных спектров реакции и акселерограмм.

6.6 АКТИВНОСТЬ РАЗЛОМОВ НА ПОВЕРХНОСТИ

Сведения о наличии в районе площадки размещения АЭС «Аккую» активных разрывных нарушений, которые могут вызвать поверхностные деформации, основаны на публикации [72]. Рассмотрена территория, значительно превосходящая по площади и полностью включающая интересующий нас регион. Это обеспечивает полноту рассмотрения материала и однородность анализа исходных данных. Большое внимание уделено анализу точности, с которыми определены параметры землетрясений и сопровождающих их поверхностных разрывов. Дается определение критериев выделения поверхностных разрывов. В [72] собраны данные за весь доступный интервал времени, с доисторических времен – вплоть до специально обследованных современных землетрясений. Всего в пространственные рамки исследования попадает 18 землетрясений из списка в 150 землетрясений, имеющих в [72].

Обобщающая картина приведена на рисунке 6-6.1. Показаны только поверхностные разрывы. События, для которых известен только факт поверхностных разрывов, но нет данных о параметрах (хотя бы об одном), на карте не приведены.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-94



Красная черта – длина разрыва показана в реальном масштабе; чёрная – условно длина разрыва принята 10 км

Рисунок 6-6.1 – Карта поверхностных разрывов по данным [72] за весь период времени

Таким образом, из анализа данных следует, что на территории радиусом, по крайней мере, 150 км вокруг площадки никаких следов поверхностных нарушений, возникших при землетрясениях, не выявлено.

6.7 РАЗЖИЖЕНИЕ

Явление разжижения непосредственно связано с магнитудой землетрясения, типом грунта (очень однородные наносные и песчаные грунты, плоский мелкий гравий, который распространен и расположен на глубинах до 20 м от поверхности).

Грунты основания площадки размещения АЭС Аккую в основном представлены скальными карбонатными горными породами. Дисперсные грунты выделены в составе четвертичных аллювиальных и пляжных отложений, а также в составе искусственных насыпных грунтов планировки территории.

Оценка возможности разжижения вышеуказанных дисперсных грунтов будет проведена в составе инженерно-геологических изысканий на стадии Проект на основании детального изучения их состава, распространения и физико-механических характеристик.

6.8 УСТОЙЧИВОСТЬ ЕСТЕСТВЕННЫХ СКЛОНОВ

Морфология бассейнов Аксаз, Аккую и Камалани характеризуется постепенным увеличением высоты в направлении от прибрежной зоны к суше. Средний уклон в

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-95



районе площадки составляет примерно 15°. Склоны покрыты густым сосновым лесом и тонким слоем почвы, таким образом, не существует риска неустойчивости склона вдоль естественных склонов.

В результате масштабных земляных работ, проводившихся в районе залива Аккую, были созданы крутые откосы выемки. Природный материал сильно смят, превращен в складки, деформирован. Таким образом, можно ожидать плоскостных, клинообразных и даже обвальных типов смещений.

Изучение устойчивости естественных склонов будет проводится в ходе инженерно-геологических изысканий на стадии Проект.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-96



Список литературы

- 1 EIEI. Akkuyu Nukleer Santral Yeri. Geofizik Arastirmalari/ Sonuc Raporu. 1976.
- 2 Bogazici university Earthquake Engineering Reseach Institute. Akkuy. Geotechnical investigations. Istanbul, 1979.
- 3 EMCH+BERGER LTD, consulting engineers Berne Switzeland. Geotechnics first unit area (eng) Akkuyu, 1982.
- 4 TEK. Crosshole survey (Turkish). Ankara, 1982.
- 5 TEK. Akkuyu-I nuclear power plant site crosshole survey (Final report). Ankara, 1986.
- 6 AKKUYU NPP Project. Surface Geophysical Survey. Stage-II. ENVY. Ankara, 15.09.2011
- 7 AKKUYU NPP Project. Previous Geophysical Studies. ENVY. Ankara, 15.09.2011
- 8 AKKUYU NPP Project. Geophysical Borehole Surveys. With the implementation of stage II comments. Stage III. ENVY. Ankara, 28.11.2011
- 9 AKKUYU NPP Project. Geophysical Borehole Surveys. Seismic Borehole Logging. «PS Logging». ENVY. Ankara, 13.10.2011.
- 10 AKKUYU NPP Project. Geophysical Borehole Surveys. Seismic Borehole Logging. «PS Logging». Stage III. ENVY. Ankara, 22.11.2011
- 11 MTA. Maden TETKIK VE ARAMA Enstitusu. Icel-Gölnar-Akkuyu. Nukleer Energi Santral Yeri. Rezistivite Calismalari Raporu. Ankara, 1977.
- 12 Jeolojik. Geophysical log report of the bore holes. Ankara, 1978.
- 13 DSI. Geophysical log report in relevant with unit I, additional drilled wells in the Akkuyu nuclear power plant, 1981.
- 14 AKKUYU NPP Project. Compiling of Engineering Geological Survey Works. With the implementation of stage II comments. Stage III. ENVY. Ankara, 22.11.2011
- 15 Geophysics department of the MTA. Report on the gravity investigations on the NPP site at Akkuyu Turkey, 1977.
- 16 Nakamura, Y., A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on ground surface, Quarterly Report of the Railway Technical Research Institute, 1989, vol. 30, c. 25-33.
- 17 Ergin K., S. Büyükaşkoğlu (1978), Final Report: Seismicity of Akkuyu Nuclear Power Plant Site and its Vicinity, Research Report, Istanbul Technical University, Department of Geophysics, Istanbul, Turkey.
- 18 Erdik, M., V. Doyuran, P.Gülkan and N. Akkas (1983), A Probabilistic Assessment of the Seismic Hazard in Turkey, METU, EERC Report No: 83-1, March, 1983, Ankara.
- 19 Canitez, N.(1984), Supplement to the Final Seismicity Report of the Akkuyu Nuclear Power Plant Site, Research Report, İstanbul Technical University, Department of Geophysics, Istanbul, Turkey.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-97



20 ENVY Co. Seismological and seismotectonic investigations of the territory with the implementations of stage II comments. Stage III. Final report of Bogazici university, Kandilli observatory and earthquake research institute. Istanbul. November, 2011.

21 Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва (ИФЗ РАН), 2011. Разработка альтернативной модели сейсмической опасности для оценки площадки проектируемой АЭС «Аккую» в Турции по сейсмологическим и сейсмотектоническим условиям. Москва. Ноябрь, 2011

22 Shebalin N.V., Leydecker G. (1997) Earthquake Catalogue for the Former Soviet Union and Borders up to 1988. European Commission, Report No. EUR 17245 EN, Nuclear Science and Technology Series. ISSN 1018-5593 - Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 135 pp.

23 Seismic catalogue of Turkey, 1996 International Atomic Energy Agency (IAEA), Nuclear Safety Department, Turkish Atomic Energy Authority(TAEA), Ankara, 1996.

24 Tan, O., C. Tapirdamaz and A. Yoruk, 2008, "The Earthquake Catalogues for Turkey," Turkish Journal of Earth Sciences, Vol. 17, pp. 405-418.

25 University of Athens (UOA), 2011, Online Seismological Catalogues, Seismological Laboratory, University of Athens, Greece, Website: http://dggs1.geol.uoa.gr/en_index.html, Accessed: September 27, 2011.

26 Harvard CMT Project Global CMT Catalog (1976-2010), Harvard University, Cambridge, MA, USA.

27 Ucer, B. and Erdik, M., 1988, Seismicity of the Akkuyu NPP Site and surrounding area: Department of Earthquake Engineering, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici University, Istanbul.

28 Kalafat, D., Y. Güneş, K. Kekovalı, M. Kara, P. Deniz, M. Yılmaz (2011). Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010; $M \geq 4.0$). A revised and extended earthquake catalogue for Turkey since 1900, $M \geq 4.0$, 640p. Bogazici University Publication.

29 Seismological and seismotectonic investigations of the territory (item № 4.3). Report of Bogazici university, Kandilli observatory and earthquake research institute. Istanbul. July, 2011.

30 International Seismological Centre (ISC), 2011, ISC On-line Bulletin, Thatcham, United Kingdom, Website: <http://www.isc.ac.uk>, Date accessed: 6 April 2011.

31 Canitez, N., Eyidogan, H., Buyukaşikoğlu S., and Ezen, O., 1989, Microearthquake studies of Akkuyu Nuclear Power Plant Site: Istanbul Technical University Earth Sciences and Resources Research Center, Final Report No. TEK-84-13.

32 METU/EERC (1983),(M.Erdik, V.Doyuran, P.Gulkan et. al), Akkuyu Nuclear Power Plant: Design Basis Earthquake Ground Motion, Report Submitted by METU-EERC to Turkish Electricity Authority, May, 1984, Ankara, Turkey.

33 Turkish Electricity Authority (TEK), 1983, "Akkuyu Nuclear Power Plant: Detailed Site Investigations Report", Turkish Electricity Authority, Nuclear Power Plants Division, NSD-I-29, Turkey, June 1983.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-98



34 Doyuran, V., P. Gülkan and A. Kocyigit (1989), Evaluation of the Akkuyu Nuclear Power Plant Submitted to TEK by METU/GGRC, Aug., 1989. Seismotectonic Site. Report.

35 Doyuran, V., P. Gülkan and A. Kocyigit (1989), Seismotectonic Evaluation of the Akkuyu Nuclear Power Plant Site, Report Submitted to TEK by METU/EERC, Aug., 1989.

36 Консультационные услуги для АЭС Аккую, Турция. Независимый анализ оценки сейсмической опасности для Площадки АЭС Аккую. Этап 1 – Исходные сейсмические параметры. ОАО «УорлиПарсонс Нуклеар Сервисез», ООО «ИнтерРАО-УорлиПарсонс». TNPP-00-SV-REP-RU-0041-R0. Декабрь, 2011.

37 Консультационные услуги для АЭС Аккую, Турция. Исходные сейсмические параметры, предоставляемые Генеральному Проектировщику. ОАО «УорлиПарсонс Нуклеар Сервисез», ООО «ИнтерРАО-УорлиПарсонс». TNPP-00-SV-REP-RU-0039-R0. Декабрь, 2011.

38 Gulen, L., A. Barka, M. N. Toksoz (1987). Continental collision and related complex deformation: Maraş Triple Junction and surrounding structures, southeastern Turkey, Yerbilimleri (Bull. Earth Sci. Applica. and Res. Center, Hacettepe Univ.), 14, 319-336.

39 Шебалин Н.В., Арефьев С.С., Васильев В.Ю., Татевосян Р.Э. От сейсмичности площадок к сейсмичности структур. // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1991. № 9. С. 20-28.

40 Арефьев С.С., Татевосян Р.Э., Шебалин Н.В. Способ измерения параметров сейсмического режима: Изобретение. 1989. Заявка № 4610030/31-25 от 27.12.89 г. М. кл. G01V1/00.

41 Morishita M. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distribution patterns// Memorie Fac. Sci. Kyushu Univer. Ser. E. 1959, Vol. 2, .p. 215-235.

42 EERI-METU, EMCH + Berger Ltd., Basler & Hofmann (1980). Akkuyu NPP, Seismotectonics, Part 2

43 Licensing considerations related to seismicsafety for the Akkuyu nuclear power plant by Aybars Gurpinar, IAEA Expert. Report to the Government of Turkey. December 17, 1984- January 11, 1985.

44 Review of geological and seismological aspects of Akkuyu site. Report to the Government of Turkey. IAEA-TA-2366. 23 May, 1986.

45 International Atomic Energy Agency (IAEA), 2010, Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards, Specific Safety Guide No. SSG-9, IAEA, Vienna, Austria.

46 Newmark N.M. and Hall W.J., 1978, development of Criteria for Seismic Review of Selected Nuclear Power Plants, Nuclear Regulatory Commission Report NUREG/CR-0098, 49 p.

47 USNRC RG 1.60 (1973), Design Response Spectra for Seismic Design of Nuclear Power Plants, Regulatory Guide 1.60, 6 p.

48 Cornell, A. (1968) Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 58, No. 5, 1583-1606, October 1968.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-99



49 ENVY Co. Seismological and seismotectonic investigations of the territory with the implementations of stage II comments. Stage III. Final report of Bogazici university, Kandilli observatory and earthquake research institute. Istanbul. November, 2011.

50 Power, M., Chiou, B., Abrahamson, N., Bozorgnia, Y., Shantz, T. and Roblee, C. (2008). An overview of the NGA project. Earthquake Spectra 24, 3–21.

51 Abrahamson, N. and W. Silva (2008) “Summary of the Abrahamson & Silva NGA Ground-Motion Relations” Earthquake Spectra, Volume 24, No. 1, pp. 67–97.

52 Boore, D.M. and Atkinson G. M. (2008), “Ground-Motion Prediction Equations for the Average Horizontal Component of PGA, PGV, and 5 %-Damped PSA at Spectral Periods between 0.01 s and 10.0 s” Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pp: 99–138.

53 Campbell, K. W. and Y. Bozorgnia (2008) “NGA Ground Motion Model for the Geometric Mean Horizontal Component of PGA, PGV, PGD and 5 % Damped Linear Elastic Response Spectra for Periods Ranging from 0.01 to 10 s” Earthquake Spectra, Vol. 24, No.1, pp: 139–171.

54 Chiou, B.S.J. and R.R. Youngs (2008) “An NGA Model for the Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra” Earthquake Spectra, Vol. 24, No. 1, pp: 173–215.

55 NEHRP (2009). 2009 NEHRP recommended seismic provisions for new buildings and other structures: Part 1, Provisions. National Earthquake Hazards Reduction.

56 Erdik, M., and Eren, K. (1983). Attenuation of Intensities for Earthquake Associated with the North Anatolian Fault, Middle East Technical University Earthquake Engineering Research Center, Ankara, Turkey.

57 Erdik, M., V. Doyuran, N. Akkas, and P. Gulkan, 1985, “A Probabilistic Assessment of Seismic Hazard in Turkey,” Tectonophysics, Vol. 117, pp. 295-344.

58 Musson, R. M. W., (2000). Intensity-based Seismic Risk Assessment, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 20, 353-360.

59 Sesetyan K., Durukal E., Demircioglu, M.B. and Erdik M., 2005, “A Revised Intensity Attenuation Relationships for Turkey”, EGU.

60 Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва (ИФЗ РАН), 2011. Разработка альтернативной модели сейсмической опасности для оценки площадки проектируемой АЭС «Аккую» в Турции по сейсмологическим и сейсмотектоническим условиям. Москва. Ноябрь, 2011.

61 Graizer V., Kalkan E. Prediction of spectral acceleration response ordinates based on PGA attenuation // Earthquake Spectra. 2009. V. 25. P. 39-69.

62 Akkar S, Bommer J. Prediction of elastic displacement response spectra in Europe and the Middle East. Earthquake Engng. Struct. Dyn., 2007, v.36, p. 1275–1301.

63 Akkar, S. and J.J. Bommer, 2010, “Empirical Equations for the Prediction of PGA, PGV, and Spectral Accelerations in Europe, the Mediterranean Region and the Middle East,” Seismological Research Letters, Vol. 81, No. 2, pp. 195-206.

64 Разработка проекта новой сейсмической шкалы (взамен MSK-64). Руководитель работы д.ф.-м.н., профессор Ф.Ф. Аптикаев // Федеральная целевая программа «Сейсmobезопасность территории России». Москва. 2004. 229 с.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-100



65 Zhao, John X., Jian Zhang, Akihiro Asano, Yuki Ohno, Taishi Oouchi, Toshimasa Takahashi, Hiroshi Ogawa, Kojiro Irikura, Hong K. Thio, Paul G. Somerville, Yasuhiro Fukushima, and Yoshimitsu Fukushima, 2006, "Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period", Bulletin of the Seismological % Society of America, Vol. 96, No. 3, pp. 898-913, June 2006.

66 Atkinson, G.M., and Boore, D.M., 2003, Empirical ground-motion relations for subduction-zone earthquakes and their application to Cascadia and other regions: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 93, no.4, p. 1703–1729.

67 Youngs, R.R., S.J. Chiou, W.J. Silva, and J.R. Humphrey, 1997, "Strong Ground Motion Attenuation Relationships for Subduction Zone Earthquakes," Seismological Research Letters, Seismological Society of America, Vol. 68, No. 1, pp. 58-73.

68 Atkinson, G.M. and Boore, D.M., 2006: Earthquake ground-motion prediction equations for Eastern North America, Bull. Seismol. Soc. Am., 96, 2181-2205.

69 Bender B., and Perkins D. M., 1987, SEISRISK III: A Computer Program for Seismic Hazard Estimation. U. S. Geological Survey Bulletin 1772. Denver, U.S. Department of the Interior.

70 McGuire, R., 1976. FORTRAN Computer Program for Seismic Risk Analysis, U.S. Geol. Surv. Open-File Rep. 76-67, U.S., Rep. 1-90.

71 McGuire R. K. Probabilistic Seismic Hazard Analysis and Design Earthquakes: Closing the Loop // Bul. Seismol. Soc. Am. 1995. V. 85(5). P. 1275-1284.

72 Ambraseys N. N. and Jackson J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophysical Journal International 133, 390–406.

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	6-101



Приложение Е
Геологическая карта масштаба 1:25 000

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	Е-0



Файл: AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_E-1=r0.dwg

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	E-1



Приложение F
Геологическая карта масштаба 1: 5 000

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	F-0



Файл: AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_F-1=r0.dwg

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	F-1



Приложение G

Геологические разрезы к гидрогеологической карте масштаба 1: 25 000

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	G-0



Файл: AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_G-1=r0.dwg

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	G-1



Приложение Н
Стратиграфическая колонка западной части Южного региона

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	Н-0



Файл: AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_H-1=r0.dwg

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	Н-1



Приложение J
Гидрогеологическая карта масштаба 1:25000

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	J-0



Файл: AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_J-1=r0.dwg

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	J-1



Приложение К
Геологическая карта масштаба 1:2000 и разрезы

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	К-0



Файл: AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_K-1=r0.dwg

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	К-1



Приложение L
Результаты инструментальных исследований микроземлетрясений

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	L-0



Таблица L-1 – Список микроземлетрясений, зарегистрированных во время трёх кампаний, организованных в 1977-1978, 1984-1985, 1986-1988 годах)

DATE	ORIG.TIME	LAT	LONG	DEPTH	MAG
06.09.1977	09:46:56	36.17	33.66	2	1.4
17.09.1977	06:03:36	36.02	34.07	10	2.6
06.10.1977	10:41:56	36.35	33.8	2	1.6
23.04.1978	02:45:36	35.9	33.4	5	2.5
25.05.1978	19:57:05	36.53	34.03	25	2.2
01.06.1978	23:25:17	35.96	34.09	1	2.4
10.06.1978	16:05:47	36.4	34	13	1.6
12.06.1978	13:56:18	36.15	33.55	6	0.6
29.06.1978	12:08:47	36.62	34.2	10	2.6
14.08.1978	07:17:00	35.86	34.15	0	2.5
08.04.1985	10:18:03	36.69	34.17	20	1.9
15.04.1985	08:23:27	36.24	34.18	5	2.2
15.04.1985	11:39:18	36.65	34.31	15	2.2
16.04.1985	18:02:25	36.55	33.6	5	1.4
16.04.1985	20:59:19	36.39	34.35	15	2.9
14.05.1985	13:49:30	36.52	33.56	12.4	2.5
14.05.1985	22:44:14	36.83	33.41	1.7	2.3
16.05.1985	03:10:18	36.15	33.63	11.1	1.1
18.05.1985	10:31:51	36.62	33.86	0	1.9
21.05.1985	15:45:26	36.24	33.19	20	2.5
30.05.1985	09:37:34	36.1	33.56	9.8	1.5
02.06.1985	15:06:03	36.06	33.37	10	2.9
04.06.1985	08:19:22	36.37	33.06	15.4	2.5
10.06.1985	07:24:30	36.54	33.18	19.4	2
15.06.1985	22:04:13	36.33	33.92	0	1.9
16.06.1985	12:31:53	36.39	34.27	10	2.2
28.06.1985	02:56:20	36.1	33.76	0.4	2.7
01.07.1985	15:08:51	36.42	33.3	0	3.1
05.07.1985	05:48:14	36.24	33.92	0	3.3
05.07.1985	20:37:29	36.53	33.3	7.2	2
06.07.1985	07:14:36	36.32	33.89	0.4	1.7
08.07.1985	12:17:50	36.15	33.56	0.1	2.4
10.07.1985	02:49:09	36.44	33.15	0	1.7
13.07.1985	15:25:44	35.77	33.32	5.8	3.1
15.07.1985	15:35:17	36.14	33.58	1.4	2.9
16.07.1985	09:16:10	36.06	33.69	0.9	2
28.07.1985	01:21:21	36.77	34.12	1.8	2.9
28.07.1985	06:22:56	36.69	34.16	8.6	2.2
31.07.1985	22:39:40	36.37	33.91	0.1	2.4
02.08.1985	08:06:01	36.39	33.8	10	1.8
05.08.1985	23:59:20	36.79	33.93	0.4	3.1
08.08.1985	06:32:31	36.62	33.37	5	2.6

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	L-1



DATE	ORIG.TIME	LAT	LONG	DEPTH	MAG
11.08.1985	16:49:40	36.24	34	6.3	2.8
13.08.1985	10:21:41	36.15	33.55	2.2	2.3
21.08.1985	10:01:31	36.2	33.59	15.9	2
23.08.1985	11:48:00	36.33	33.88	0.2	2.5
09.09.1985	06:24:14	36.18	34.03	0.3	2.4
11.09.1985	08:01:32	36.37	33.92	0.7	3.3
11.09.1985	12:26:14	36.39	33.95	0.7	1.7
11.09.1985	16:56:52	36.42	33.92	0.2	1.9
12.09.1985	04:33:49	36.41	33.92	0.7	3.2
27.09.1985	01:19:07	36.68	34.11	19.5	1.9
03.10.1985	09:49:17	36.28	33.92	5	2
06.10.1985	18:02:33	36.23	33.92	10	2.9
09.10.1985	10:40:03	36.5	33.87	15	1.6
09.10.1985	15:58:55	36.77	33.34	0.2	3
11.10.1985	11:40:36	35.67	33.88	5	2.5
12.10.1985	02:41:31	36.43	33.96	0.1	2.2
14.10.1985	23:58:44	36.42	33.92	0	2.3
23.10.1985	18:55:55	35.67	33.31	5	2.7
24.10.1985	21:53:41	36.51	33.89	9.9	2.1
26.10.1985	17:38:42	36.42	33.85	0	2.5
28.10.1985	15:18:53	36.75	33.32	0	2.7
30.10.1985	01:35:07	35.6	33.52	0.2	3.4
30.10.1985	11:25:56	36.15	33.52	0	2.1
05.11.1985	10:38:32	36.19	33.56	6	1.6
06.11.1985	10:43:10	36.21	33.5	16.1	1.8
08.11.1985	05:53:59	36.35	33.9	20	1.4
23.11.1985	22:59:39	36.5	33.01	0	3.1
05.12.1985	10:51:50	36.37	33.19	5	2.9
13.12.1985	19:32:00	36.34	33.91	0	2.3
14.12.1985	05:44:49	35.74	33.78	10	2.9
20.12.1985	22:08:28	36.34	33.92	1.1	2.7
27.12.1985	13:41:03	36.35	33.15	5	2.6
30.12.1985	13:48:16	36.35	33.89	8.2	2.2
31.12.1985	06:32:06	36.34	33.89	10	2.5
05.01.1986	14:02:22	36.14	33.64	1.7	1.8
09.01.1986	05:29:34	36.33	33.79	30.5	1.8
12.01.1986	13:17:58	36.15	33.59	11.1	1.4
15.01.1986	14:08:39	36.12	33.64	1.2	2.3
16.01.1986	00:40:33	36.24	34.05	11.3	2.3
01.02.1986	06:07:06	36.68	34.15	15	3.2
05.02.1986	01:35:44	36.72	34.1	5.5	1.7
05.02.1986	13:07:56	36.12	33.53	2.3	2.1
06.02.1986	15:05:32	36.06	33.55	0.5	2
13.02.1986	09:28:13	36.55	33.28	4.8	2.5

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	L-2



DATE	ORIG.TIME	LAT	LONG	DEPTH	MAG
21.02.1986	10:58:12	36.09	33.44	0	2.9
02.03.1986	06:20:26	36.3	33.95	2.7	2.2
11.03.1986	11:59:23	36.37	33.92	16.6	1.9
11.03.1986	13:03:04	36.39	34.24	0	2.4
16.03.1986	08:31:51	36.28	33.61	21.4	1.5
16.03.1986	19:36:35	36.85	33.32	10	2.1
21.03.1986	13:04:54	36.86	33.61	0	2.3
21.04.1986	07:17:03	36.31	33.93	5	2.8
13.05.1986	22:57:56	36.15	34.29	29.2	3.3
10.12.1986	15:34:48	35.74	33.82	0.1	2.7
14.01.1987	01:53:03	36.26	34.02	0.9	2
16.01.1987	15:15:31	36.39	33.07	32.7	2
19.01.1987	01:01:40	36.32	34.09	8.1	1.5
24.01.1987	00:43:19	36.39	33.9	6.3	2.9
25.02.1987	08:30:18	36.46	33.56	12.5	2.1
03.03.1987	04:18:32	36.64	33.41	3	2.4
11.03.1987	15:11:33	36.14	33.51	5	1.6
20.03.1987	01:41:39	36.42	33.37	4.9	1.8
03.04.1987	21:19:40	36.35	33.9	6.4	1.4
08.04.1987	15:21:08	36.65	33.53	8.1	2.6
11.04.1987	11:37:43	36.14	33.63	14.3	2
03.05.1987	13:37:17	36.37	33.88	5.1	1.6
03.05.1987	18:18:57	36.54	33.33	15.7	2
03.05.1987	18:39:19	36.52	33.36	8.5	2.3
03.05.1987	19:05:42	36.52	33.3	8.9	2.2
04.05.1987	01:04:04	36.45	33.38	1.9	2.6
04.05.1987	14:23:10	36.64	33.76	11	2.7
09.05.1987	16:00:53	36.09	33.73	14.1	2.3
16.05.1987	14:22:48	36.37	34.18	3.6	2
21.05.1987	12:28:10	36.67	33.12	14.1	2.7
21.05.1987	12:29:23	36.05	33.62	3	2.5
26.05.1987	01:35:04	36	33.45	2.1	2.8
26.05.1987	04:43:14	35.98	33.47	7.9	2.3
05.06.1987	05:57:13	36.17	33.6	4.7	1.8
22.06.1987	08:58:31	36.11	33.49	4.1	1.8
24.06.1987	21:11:40	36.39	33.9	11.7	2.1
25.06.1987	22:09:20	36.38	33.96	15	2.4
19.07.1987	12:45:25	36.79	33.1	18.5	2.3
23.07.1987	16:28:19	35.8	33.91	3.8	3.4
04.08.1987	23:37:22	36.34	33.94	12.8	2.4
06.08.1987	19:54:27	36.5	33.81	13.8	2.6
11.08.1987	16:40:03	36.41	33.9	15.1	2.5
24.08.1987	10:05:15	36.13	33.55	4	2.6
24.08.1987	20:08:22	36.65	33.69	14.5	2.2

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	L-3



DATE	ORIG.TIME	LAT	LONG	DEPTH	MAG
26.08.1987	07:38:11	36.61	33.75	12.3	2.3
07.09.1987	08:09:36	36.01	33.63	3.5	2.4
26.09.1987	05:25:47	36.14	33.56	15	2.5
12.11.1987	13:59:45	36.15	33.62	5.5	3
26.11.1987	20:36:39	36.29	33.23	20	2.3
04.12.1987	20:25:20	36.59	33.15	15.8	2.3

Таблица L-2 – Список всех сейсмических событий с 1 июля по 30 октября 2011 года. (GL: район г. Гюльнар; EA: к востоку от площадки АЭС «Аккую»; WA: к западу от площадки АЭС «Аккую»; DS: рассеянные события; MS: Средиземное море; SM: Силифке-Мерсин; NA: к северу от г. Анамур; NP: в ближайшей окрестности площадки АЭС «Аккую»)

Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Area	No	Gap	Dmin	RMS	ERH	ERZ	Q
02.07.2011	08:40	36.20	33.73	10.5	1.3	EA	6	351	14.2	0.01	0.5	***	D1
03.07.2011	08:54	36.21	33.70	13.4	1.4	EA	8	192	12.5	0.05	2.3	0.08	C1
03.07.2011	08:57	36.18	33.71	15.9	1.5	EA	6	356	4.3	0.1	***	***	D1
07.07.2011	08:57	36.18	33.68	14.0	1.7	EA	13	186	4.0	0.13	1.4	0.1	C1
07.07.2011	12:12	36.12	33.59	1.4	0.7	NP	5	358	1.5	0.11	19.1	2.1	D1
07.07.2011	12:11	36.11	33.58	2.7	0.6	NP	8	149	4.2	0.24	2.7	0.6	C1
08.07.2011	13:38	36.28	33.49	13.5	2.4	DS	9	245	15.3	0.15	1.9	2.7	C1
08.07.2011	13:50	36.18	33.67	13.0	1.6	EA	9	196	3.8	0.07	1.1	0.1	C1
09.07.2011	13:08	36.13	33.58	2.3	0.6	NP	5	357	1.7	0.01	0.1	0.3	C1
09.07.2011	12:30	36.11	33.59	3.0	0.8	NP	8	237	2.7	0.15	1.5	0.4	C1
10.07.2011	07:58	36.25	33.46	3.7	1.7	DS	6	266	13.4	0.15	2.1	0.7	C1
11.07.2011	15:38	36.11	33.58	2.6	0.5	NP	5	316	1.3	0.02	3.2	4.9	D1
12.07.2011	15:01	36.33	33.50	5.0	1.6	GL	10	197	12.5	0.1	0.6	1.1	C1
12.07.2011	13:29	36.34	33.56	8.7	2.0	GL	17	94.0	13.4	0.17	0.5	1.9	B1
13.07.2011	08:41	36.23	33.63	4.9	2.1	DS	8	149	4.2	0.24	2.7	0.6	C1
13.07.2011	13:29	36.15	33.55	4.4	1.9	NP	16	104	1.2	0.16	0.7	0.1	B1
14.07.2011	11:16	36.18	33.46	10.9	1.7	DS	13	175	2.3	0.23	1.3	0.3	C1
14.07.2011	13:45	36.10	33.38	4.8	1.5	MS	6	260	16.2	0.13	0.4	0.1	C1
14.07.2011	05:57	35.90	33.51	13.4	2.0	MS	14	286	26.3	0.09	1.1	2.3	C1
15.07.2011	23:04	35.82	33.59	27.9	1.7	MS	12	301	35.2	0.31	3.2	0.5	D1
16.07.2011	12:55	36.20	33.52	4.3	1.5	DS	17	87	5	0.27	0.9	0.2	B1
18.07.2011	04:06	36.14	33.18	3.4	1.9	DS	13	187	5.5	0.34	4.2	1.3	D1
18.07.2011	13:35	36.33	33.52	9.1	2.1	GL	9	89	13.7	0.29	1.5	4.6	B1
19.07.2011	02:09	35.86	33.56	29.3	2.1	MS	10	309	32.4	0.13	1.3	0.1	C1
20.07.2011	14:41	36.34	33.50	3.7	1.8	GL	12	105	12.0	0.15	0.8	0.1	C1
20.07.2011	14:03	36.33	33.49	5.0	2.0	GL	5	267	7.8	0.06	1.7	0.2	C1
21.07.2011	08:19	36.55	33.54	5.0	2.2	DS	6	246	35.5	0.38	1.8	0.5	D1
22.07.2011	09:17	36.33	33.55	1.5	2.3	GL	13	85	15.6	0.34	1.1	0.3	C1
22.07.2011	15:18	36.12	33.54	6.4	1.8	NP	18	129	1.8	0.18	0.9	0.5	B1
23.07.2011	12:59	36.17	33.61	5.3	1.4	DS	13	186	4.0	0.13	1.4	0.1	C1
23.07.2011	08:46	36.34	33.56	4.8	1.9	GL	6	252	3.8	0.34	7.9	0.3	D1
26.07.2011	15:08	36.36	33.43	2.3	1.8	GL	5	182	12.4	0.21	7.8	1.6	D1
26.07.2011	13:58	36.35	33.51	9.0	2.1	GL	6	280	15.2	0.23	4.2	0.7	D1
26.07.2011	11:17	36.16	33.52	5.4	1.8	NP	12	105	12.0	0.15	0.8	0.1	C1
26.07.2011	12:22	36.15	33.38	4.2	1.5	WA	13	175	2.3	0.23	1.3	0.3	C1
27.07.2011	11:36	36.35	33.53	12.8	2.0	GL	9	97	12.4	0.23	1.5	2.6	B1
28.07.2011	12:03	36.33	33.55	5.0	2.0	GL	6	133	5.2	0.21	2.2	0.6	B1

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	L-4



Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Area	No	Gap	Dmin	RMS	ERH	ERZ	Q
29.07.2011	09:02	36.32	33.51	5.0	1.9	GL	7	116	14.2	0.34	1.8	0.7	C1
30.07.2011	13:13	36.19	33.53	4.1	1.8	DS	21	87	12.4	0.38	0.8	0.3	C1
02.08.2011	12:42	36.19	32.61	5.0	1.5	DS	12	285	18.8	0.4	5	4.5	D1
02.08.2011	12:24	36.34	33.57	4.3	1.9	GL	13	201	14.9	0.22	1.1	1.8	C1
02.08.2011	08:15	36.18	33.41	5.0	1.7	WA	20	87	11.6	0.33	1.0	2.6	C1
03.08.2011	11:14	36.34	33.52	3.5	2.2	GL	17	88	13.1	0.15	0.4	0.1	C1
04.08.2011	00:40	36.50	33.62	13.8	2.1	DS	9	224	9.3	0.3	3.4	3.4	D1
05.08.2011	13:09	36.34	33.57	4.8	2.2	GL	6	251	3.9	0.06	0.9	3.1	D1
05.08.2011	00:34	35.88	33.43	5.0	2.0	MS	10	286	32.9	0.15	2.9	0.6	D1
06.08.2011	13:26	36.31	33.54	16.6	2.0	GL	23	78	10.3	0.2	0.7	1	B1
07.08.2011	07:37	36.43	33.88	14.4	1.3	SM	17	85	12	0.14	0.4	0.1	B1
08.08.2011	15:53	36.34	33.52	5.0	2.3	GL	7	78	13.8	0.24	1.5	0.7	C1
09.08.2011	12:02	36.34	33.50	14.4	1.8	GL	17	83	11.9	0.1	0.3	0.6	A1
09.08.2011	10:23	36.09	33.34	5.5	1.5	MS	7	179	19	0.37	4.8	***	C1
10.08.2011	20:46	36.48	33.28	28.6	2.0	DS	9	115	6.8	0.18	1.5	0.3	B1
10.08.2011	11:58	36.35	33.51	10.5	2.2	GL	20	91	11.4	0.2	0.3	0.8	B1
12.08.2011	11:34	36.32	33.57	4.7	2.3	GL	12	96	13.9	0.31	1.2	0.6	C1
14.08.2011	01:15	36.49	33.26	2.0	2.2	DS	10	184	18.7	0.25	2	0.3	C1
14.08.2011	10:24	36.31	33.50	3.7	2.3	GL	18	81	14.0	0.25	0.7	0.2	C1
14.08.2011	15:10	36.33	33.55	18.8	2.2	GL	11	133	12.3	0.31	1.7	0.5	C1
15.08.2011	14:21	36.34	33.54	7.5	2.4	GL	9	106	17.3	0.13	1	7.4	C1
16.08.2011	12:42	36.31	33.54	2.0	2.3	GL	12	99	13.8	0.56	2.8	0.8	D1
17.08.2011	06:09	36.00	33.39	5.1	1.6	MS	11	257	20.8	0.17	3.9	0.7	D1
18.08.2011	13:04	36.33	33.52	3.8	2.3	GL	14	77	14.1	0.4	1.1	0.4	C1
22.08.2011	13:36	36.31	33.53	2.6	2.5	GL	11	75	12.7	0.21	0.8	0.2	C1
24.08.2011	12:35	36.21	33.71	11.0	1.9	EA	7	261	6.6	0.07	0.8	0.1	C1
25.08.2011	11:59	36.31	33.50	2.3	2.4	GL	11	113	14.6	0.09	0.4	0.1	B1
26.08.2011	13:05	36.31	33.52	5.2	1.7	GL	13	75	12.5	0.08	0.4	0.2	B1
04.09.2011	12:24	36.45	33.39	16.9	2.0	DS	14	178	2.2	0.15	0.8	0.1	C1
04.09.2011	14:22	36.36	33.55	12.0	2.0	GL	10	134	13.2	0.32	2.1	3.6	C1
08.09.2011	13:59	36.33	33.51	6.2	1.9	GL	9	88	11.6	0.18	1	10.8	C1
09.09.2011	09:21	36.19	33.69	0.1	1.8	EA	10	177	2.9	0.29	1.4	0.5	C1
09.09.2011	09:19	36.19	33.69	3.0	1.7	EA	18	99	3.8	0.19	0.5	0.1	B1
12.09.2011	08:47	36.20	33.66	1.2	1.9	EA	14	96	13.8	0.18	0.7	0.2	C1
12.09.2011	08:48	36.18	33.72	1.3	1.7	EA	6	91	8.9	0.33	3.8	1.2	C1
13.09.2011	13:45	36.20	33.49	3.7	1.9	DS	6	133	5.2	0.21	2.2	0.6	B1
14.09.2011	12:29	36.32	33.51	1.0	2.2	GL	10	172	12.2	0.15	0.9	1.3	C1
14.09.2011	09:20	36.45	34.25	3.9	2.5	MS	14	215	28.1	0.2	2	0.3	C1
14.09.2011	21:57	36.36	34.02	18.5	2.3	SM	6	274	6.6	0.11	4.7	0.3	D1
15.09.2011	13:28	36.38	33.48	1.7	2.3	DS	9	97	7.6	0.17	0.8	0.2	D1
15.09.2011	13:09	36.19	33.67	2.2	1.6	EA	8	238	2.8	0.2	3.4	0.2	D1
15.09.2011	12:38	36.06	33.25	14.5	1.8	MS	9	97	7.6	0.17	0.8	0.2	B1
15.09.2011	11:32	36.10	32.77	2.5	2.1	NA	10	330	18.8	0.3	3.7	0.3	D1
17.09.2011	14:24	36.35	33.51	2.4	2.1	GL	5	229	12.1	0.06	2.3	1.6	C1
17.09.2011	11:14	36.16	33.54	3.2	2.2	NP	11	105	0.9	0.1	0.5	0.1	B1
18.09.2011	13:59	36.37	33.56	11.3	1.8	GL	8	238	2.8	0.2	3.4	0.2	D1
19.09.2011	13:03	36.32	33.52	0.1	2.2	GL	10	134	13.2	0.32	2.1	3.6	C1
20.09.2011	12:13	36.36	33.58	12.2	2.4	GL	11	89	3.1	1.01	4.8	1	C1
20.09.2011	07:57	36.10	33.31	0.2	2.0	MS	6	289	18.8	0.33	0.4	0	D1
21.09.2011	06:05	36.32	33.51	1.3	2.0	GL	7	78	13.8	0.24	1.5	0.7	C1

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	L-5



Date	Time	Lat	Lon	Depth	Mag	Area	No	Gap	Dmin	RMS	ERH	ERZ	Q
21.09.2011	19:32	36.40	33.94	5.2	2.6	SM	9	130	0.8	0.24	2.2	0.3	B1
22.09.2011	08:33	36.21	33.68	3.0	1.6	EA	6	252	3.8	0.34	7.9	0.3	D1
22.09.2011	11:33	36.16	33.54	5.1	1.9	NP	13	85	15.6	0.34	1.1	0.3	C1
23.09.2011	13:15	36.34	33.49	12.3	2.1	GL	8	87	14.3	0.17	0.9	0.3	C1
24.09.2011	09:17	36.19	33.68	0.0	1.6	EA	6	251	3.9	0.06	0.9	***	D1
24.09.2011	10:56	36.33	33.54	2.4	2.0	GL	8	87	14.3	0.17	0.9	0.3	C1
25.09.2011	13:20	36.22	32.87	22.9	1.7	DS	6	313	23.6	0.19	5.9	6	D1
25.09.2011	12:10	36.33	33.55	0.6	2.0	GL	6	280	15.2	0.23	4.2	0.7	D1
26.09.2011	12:10	36.41	33.57	10.3	2.2	DS	5	229	12.1	0.06	2.3	1.6	C1
26.09.2011	12:11	36.36	33.54	2.6	2.2	GL	5	182	12.4	0.21	7.8	1.6	D1
26.09.2011	11:03	36.10	33.40	3.8	1.6	MS	11	217	10.4	1.37	13.2	1.8	D1
27.09.2011	13:44	36.20	33.53	3.4	1.8	DS	8	190	7.1	0.12	5.5	3.2	D1
27.09.2011	01:38	36.91	33.96	9.5	2.7	DS	16	85	50.4	0.27	1.4	0.4	C1
27.09.2011	08:53	36.19	33.70	2.4	1.7	EA	17	88	13.1	0.15	0.4	0.1	C1
27.09.2011	11:27	36.33	33.54	2.1	2.2	GL	8	238	2.8	0.2	3.4	0.2	D1
28.09.2011	10:56	36.09	32.80	2.9	2.2	NA	8	330	16.3	0.19	3	0.3	D1
29.09.2011	12:50	36.33	33.53	3.0	2.4	GL	9	97	7.6	0.17	0.8	0.2	B1
02.10.2011	09:14	36.19	33.78	19.5	1.5	MS	12	216	10.5	0.21	2.6	1.3	D1
03.10.2011	13:47	36.33	33.54	3.6	2.4	GL	10	177	2.9	0.29	1.4	0.5	C1
04.10.2011	10:42	36.14	33.39	4.1	1.7	WA	14	178	2.2	0.15	0.8	0.1	C1
06.10.2011	17:00	36.33	33.5	1.4	2.0	GL	10	78	13.2	0.1	0.3	0.2	B1
07.10.2011	12:57	36.35	33.55	9.1	1.9	GL	13	96	13.7	0.17	0.6	2.1	B1
08.10.2011	08:24	36.33	33.54	2.2	1.9	GL	11	84	15.5	0.24	0.9	0.4	C1
09.10.2011	06:05	36.33	33.53	9.9	2.0	GL	6	86	14.9	0.16	1.3	0.4	C1
10.10.2011	11:12	36.33	33.55	5.6	1.8	GL	8	90	14.8	0.15	0.8	1.3	C1
13.10.2011	10:16	36.34	33.56	5.2	2.1	GL	10	94	14.9	0.07	0.3	0.1	B1
13.10.2011	06:15	36.33	33.54	13.4	2.1	GL	9	87	14.2	0.16	0.9	1.7	B1
14.10.2011	11:25	36.32	33.52	7.1	1.8	GL	7	137	18.6	0.31	3.2	2.1	C1
14.10.2011	08:54	36.16	33.40	4.9	1.6	WA	13	75	12.9	0.27	0.7	0.2	C1
15.10.2011	11:46	36.19	33.53	3.7	2.1	DS	9	97	12.4	0.23	1.5	2.6	B1
15.10.2011	09:00	36.32	33.54	2.4	2.1	GL	6	233	16.8	0.34	3.5	0.4	D1
15.10.2011	12:25	36.33	33.56	7.6	1.6	GL	10	89	15.4	0.13	0.6	2.8	C1
16.10.2011	08:29	36.17	33.7	3.5	2.1	EA	19	83	4	0.21	0.6	0.2	B1
16.10.2011	09:05	36.29	33.57	19.0	2.0	GL	5	146	12.1	0.09	2.7	2.2	D1
17.10.2011	12:03	36.29	33.56	14.0	1.7	GL	12	147	13	0.28	2.4	2.8	C1
20.10.2011	11:27	36.33	33.52	10.1	2.2	GL	19	83	12.6	0.22	0.7	1.3	B1
22.10.2011	13:08	36.32	33.50	7.1	1.7	GL	9	251	4.6	0.07	0.7	0.1	C1
23.10.2011	08:05	36.34	33.54	3.3	2.0	GL	10	90	12	0.39	1.2	0.4	C1
23.10.2011	08:40	36.3	33.59	18.3	1.8	GL	6	201	11.3	0.04	0.9	0.8	C1
24.10.2011	11:03	36.43	33.61	11.5	1.9	DS	7	190	8.9	0.34	3.2	3	D1
24.10.2011	12:00	36.33	33.54	0.1	1.3	GL	9	212	1.8	0.31	4.8	0.4	D1
24.10.2011	13:44	36.31	33.56	22.5	1.6	GL	19	83	12.6	0.22	0.7	1.3	B1
25.10.2011	13:14	36.35	33.62	10.2	2.1	DS	4	314	22.6	0.09	0	0	C1
25.10.2011	08:58	36.28	33.58	45.3	1.4	DS	10	174	3.4	0.01	2	2	C1
26.10.2011	11:36	36.33	33.58	26.0	1.7	GL	6	130	14.2	0.08	1.1	1.1	B1
28.10.2011	08:35	36.18	33.38	1.9	1.9	WA	11	124	3.6	0.26	1.4	0.3	B1
29.10.2011	09:29	36.32	33.58	3.6	1.9	GL	7	127	13.6	0.36	2.2	0.5	C1
31.10.2011	14:22	36.19	33.64	1.7	1.4	EA	8	197	0.7	0.33	4.6	0.7	D1

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	L-6



Приложение М
Каталоги исторических землетрясений

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	М-0



AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_M-1=r0

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	М-1



Приложение N
Координаты зон ВЗО и другие характеристики PSHA/DSHA

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	N-0



AKU.C.120.&.06&&&&.002.YJ.0001_N-1=r0

НОМЕР КОНТРАКТА	НОМЕР ПАКЕТА	ДАТА ВЫПУСКА	РЕВИЗИЯ	НОМЕР ЛИСТА
-	-	07.2012	0	N-1