

8. Понятие за активен разлом

Методи за изследване и значение за изследване и прогнозиране на сеизмичния процес

По дефиниция, **разлом** е нарушение (разрив) на определен обем от земната кора, по дължината на което е станало диференциално движение на прилежащите скални материали. **Съвременен активен разлом** е този, по който движенията продължават и сега и, по който, се очакват движения и в бъдеще. Тези движения могат да бъдат непрекъснати, без исторически данни за земетресения (крип). В литературата се използва терминът **активен разлом**, с подразбиране за съвременна активност. Някои от активните разломи могат да бъдат потенциално **сеизмогенериращи** (The Research Group..., 1992) или **сеизмогенни структури**, генетично свързани с исторически или инструментално регистрирани земетресения. **Повърхностно разломяване** е непрекъснато разместване или разкъсване на земната повърхност от диференциално движение на геоложките блокове от двете страни на разлом по време на земетресение.

Като се изследва и уточнява активността на даден разлом в миналото, става възможна и оценката на неговия **потенциал за генериране на земетресения и в бъдеще (capable fault)**. За практически нужди (Kakimi, 1997), би трябвало да се приеме, че разломи, които са се движили през късния кватернер (през последните около 15000 години), могат да бъдат оценени като имащи потенциал за бъдещи движения.

Ключови фактори при оценка на потенциала на разлома за генериране на земетресения са:

1. Дължина на разлома;
2. Амплитуда и тип на преместването;
3. Геоложка история на преместванията и, по-специално, времето на най-последните движения;
4. Връзка на разлома с регионалните тектонски структури.

Липсата на съвременни палеосеизмоложки изследвания на територията на страната не позволява да се определи статистическата вероятност за повтаряемост на силните земетресения в дадена сеизмотектонска зона. Археосеизмоложките данни могат частично да компенсират тази липса на информация. В палеосеизмологията е разработена специална процедура (софтуер UNIPAS) за вероятностна оценка на определените палеоземетресения, с която се дефинира нивото на точност, с която може да се оперира по-нататък в изчисленията (Atakan, Toiran, 2000).

За сравнение, няма страна в Европа, където да не се провеждат **задължително** тези изследвания не само за отговорни съоръжения, но и за дефиниране на способността за генериране на земетресения на всеки потенциално считан за активен разлом. Това се извършва даже в райони с ниска сеизмичност, например Белгия (Vanneste K. et al., 2001), СЗ Германия, Холандия, Франция и др. В Япония (Kakimi T., 1997) за последните 20 години са разкопани над 40 активни разлома. В САЩ някои от последните разкопки на активни разломи представляват терасирани изкопи с дължина до 400 m и дълбочина до 10-15 m (информация от 31 Световен геоложки конгрес, Рио де Жанейро, Бразилия, 2000 г.).

Когато анализите покажат, че хипоцентър на дадено земетресение или група от хипоцентри на земетресения, може достатъчно логично да се привърже с определена геоложка структура, трябва да се подходи по най-рационален начин за оценка на характеристиките на тази структура, на нейната геометрия и географско разпространение, както и нейната връзка с регионалната тектонска обстановка. При тази

оценка на връзката трябва да се използва цялата налична сеизмоложка информация, включително и неточността на определяне на координатите на земетресението. Трябва да се оценят механизмите в огнищата, обстановката, в която се създават напреженията и разпределението на афтершоковете.

Детайлно сравняване на тези структури с другите в региона по отношение на възраст, посока и вид на движенията, както и история на повтаряне на движенията, е много важна. Геоложки структури, с които сеизмичността е уверено корелирана, ще трябва да се смятат за сеизмогенни структури.

Поставянето на сеизмогенните структури в сеизмотектонския модел трябва да се основава строго на наличните данни с отчитане на тяхната неточност. В области с недостатъчно данни не е необходимо да се правят предположения за връзката между земетресенията и геоложките структури, защото така ще се нарушат някои от принципите на сеизмичното райониране.

За да се докаже, че даден разлом е активен, трябва да се извършат редица задължителни изследвания. Същите трябва да са достатъчно детайлни за мащаба на районирането. Описанието на разломите трябва да съдържа информация за тяхната геометрия и посока, както и данни за най-младите движения. За “активен разлом” се счита такъв за когото:

- има данни за движение или повтарящи се движения за период от време, който позволява да се предположи, че бъдещи движения биха могли да предизвикат повърхностни разломявания и деформации. За райони със сравнително умерена сеизмична активност, каквато е тази за територията на България, този период може да се определи на 100 000 години;
- се показва структурна връзка с известен потенциално опасен разлом. Тази връзка трябва да е от такъв тип, че движението по който и да е от тези разломи може да предизвика движения по другия, съответно с деформации или разломявания на или близо до земната повърхност;
- има инструментално определената сеизмичност, директно свързана с разлома;
- очакваното земетресение е достатъчно силно и на такава дълбочина, че да предизвика движение с деформации или разломяване на земната повърхност.

Изследване на активността на разломите

За изследването на активността на разломите има редица методи. Като широко прилагани критерии за разпознаване на активен разлом се предлагат следните (по Хаус, 1980):

Източници за данните	Специфични критерии
Геоложки	<p><u>Активните разломи се разпознават по:</u></p> <p>млади геоморфоложки черти: разломни шкарпове, триъгълни фасетки, разломни трогове, разломно прорязани хребети, възвишения блокиращи долини, отместени водни потоци, затворени депресии, разломни долини, разломни клисури, стръмни хребетни склонове, разломни седловини;</p> <p>повърхностни особености: отворени пукнатини, земни валове и бразди, млади речни долини, нагъване или деформиране на млади отложения, стръмни прагове, баражиране на подземните води в съвременните алувиални наслаги, ешелонирани разкъсвания в</p>

	<p>алувиалните наслаги, разломни линии върху съвременната повърхност.</p> <p>Обикновено движенията по разломи създават комбинация от тези особености на земната повърхност. Ерозионните форми не са индикация за активни разломи, но биха могли да бъдат свързани при определени случаи с активни разломи. Стратиграфско прекъсване на кватернерните наслаги от разлом е индикация, че той е активен.</p>
Сеизмоложки	<p>Земетресенията и микроземетресенията могат да бъдат индикатор за активен разлом, когато координатите им са добре определени инструментално. Отсъствието на земетресения, обаче, при наличието на други индикатори, не означава неактивност на разлома.</p>
Исторически	<p>Исторически ръкописи, съобщения във вестници, лични спомени и описания в книги могат да дадат информация за минали земетресения, повърхностни разломявания, свличания, напуквания или други свързани с разломите явления. Обикновено, при силни земетресения има доста данни в историческите документи. Могат да се открият и данни за непрекъснато движения по разломите (крип), както и за движения, определени от геодезични измервания.</p>

Освен тези критерии, дистанционните методи, сондажните изследвания, специалните геофизични проучвания, както и прокарването на специални траншеи за палеосеизмоложки изследвания, са този методически комплекс, който най-пълно обезпечава събирането на необходимата информация за качествена и количествена оценка на активността на даден разлом.

Групиране и сегментация на сеизмогенните разломи

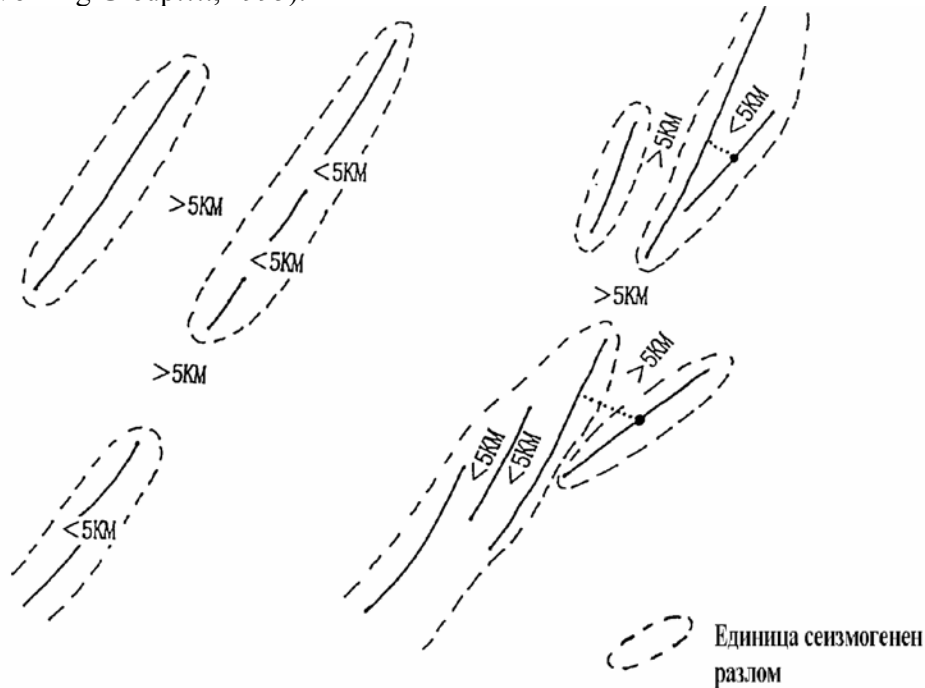
Повърхностното разломяване свързано с едно силно земетресение често е представено от няколко разломни линии (**сегменти**). В този случай се налага групиране на тези разломни линии в една сеизмогенна структура при оценката на магнитуда на земетресението. При други случаи, по единични и дълги регионални разломи или разломни зони се генерират отделни, независими земетресения, свързани с отделни техни сегменти. Разломи от този тип трябва да се разделят на сеизмогенни сегменти за оценка на магнитудите на земетресенията, които могат да се генерират от тях.

Проблемите на групирането и сегментирането на разломите и разломните структури са важни за оценката на магнитуда и честотата на земетресенията около площадката на дадено ядрено съоръжение. Един от вариантите за решаване на този проблем е прокарване на траншеи през различни части на разлома или разломната зона, за да се отделят частите (сегментите) с различно време на движение.

Като общоприет критерий за определяне на сеизмогенните разломни единици е този, при който група от разломни сегменти се приема за сеизмогенен разлом, ако разстоянието между отделните съседни сегменти е по-малко от дадено критично разстояние. Въз основа на редица наблюдения и анализи на ширината на разломни зони, възникнали при земетресения, е предложено това разстояние да е 5 km (Matsuda, 1990 -

по Kakimi, 1997). Принципна схема и аргументация за използването на този критерий е дадена на фиг. 8.1.

За ограничаване на разломен сегмент се прилага критерия за смяната на направлението на разлома или мястото по него, при което при последното земетресение има значително изменение на амплитудата на преместване. Дължината на сегмента не трябва да надхвърля 100 km и се мери по следата на разлома по земната повърхност (Working Group....., 1995).



Фиг.8.1. Групиране на сеизмогенните разломи и честотно разпределение на широчината на основните разломни зони, появили се при исторически земетресения на сушата (Matsuda, 1990). 1 - Южно Изду през 1974 г.; 2 - Микава през 1945 г.; 3 - Северно Изду през 1930 г.; 4 - Ел Аснам през 1980 г.; 5 - Сан Фернандо през 1971 г.; 6 - Дикси Вели през 1954 г.; 7 - Фервю Пик през 1954 г.; 8 - Тотори през 1943 г.; 9 - Танго през 1927 г.; 10 - Руку-у през 1986 г.; 11 - Ноби през 1891 г.; 12 - Плисант Вели през 1915 г.

Място на различните методи (включително и геофизичните) в изследването на активните разломи

За да се определи една структура, че е сеизмогенна, трябва да се анализират наличните геоложки, геофизични и сеизмоложки данни, и те трябва да покажат пряко или косвено, че тя с достатъчна увереност може да се определи като огнище на земетресения при съвременните тектонски условия. Тогава, корелацията (или липсата на корелация) на исторически или инструментално регистрирани земетресения с геоложките или геофизичните особености, може да бъде особено важна за определянето на една структура дали е сеизмогенна.

При използване на **дистанционните методи**, чрез дешифриране на аеро-фото и спътникови снимки се определят линейни структури, които биха могли да представляват следи от разломи по земната повърхност, често неразличими на терена поради растителната и почвена покривка. **Радарните снимки** премахват влиянието на почвения и растителния слой и повишават еднозначността на дешифриране на разломните структури. Но само проверки на терена чрез геоложки, геоморфоложки и геофизични изследвания на откритите линейни структури могат да ги определят или отхвърлят като разломи, а чрез по-горе цитираните критерии може да се определи дали те са активни и сеизмично активни. Чрез интерпретация на **аеро-геофизичните данни** може да се уточнят геометричните параметри на линейните структури и да се получат косвени индикации за тяхната дълбочина на проникване и наклон, за тяхната връзка с регионални структури.

Геофизичните изследвания са един от най-силните инструменти за проследяване на активни разломни структури в терени, покрити от дебели млади наслаги. Високочестотното сеизмично профилиране по отразени вълни и сеизмичното профилиране по пречупени вълни са методи с висока разрешаваща способност за определяне на геометрията на активните разломи и в по-младите седименти над основната скала. За детайлизация в най-горната част на геоложкия разрез е препоръчително използването на електропроучвателни методи (електрическо профилиране с различни измервателни схеми, вертикално електрическо сондиране, радиовълнови профилиране), както и прокаране на георадарни профили.

Сондажните проучвания, извършени в непосредствена близост до активен разлом, в прилежащите блокове, могат да дадат значителна информация за времето на активизация на разлома, типа и посоката на преместванията. Чрез специални измервателни техники в сондажи, достигащи и навлизащи в основната скала, се получава информация за съвременните напрежения и деформации в скалите.

Прокарането на траншеи става перпендикулярно на разлома. Размерите на траншеите (дължина, дълбочина и широчина) зависят от конкретните условия на терена и типа и дебелината на кватернерните наслаги, които се пресичат от траншеята. Чрез детайлно картиране и анализиране на пластовете, прослойките и палеопочвите в разреза по стените на траншеята се определят периодите на активизация на разлома и количеството на палеосеизмоложките събития. Правят се стратиграфски и абсолютни датирания на откритите прекъсвания и втечнявания в палеопочвите, пластовете и прослойките. Определя се типът на движенията по разлома и амплитудата на отделните премествания.

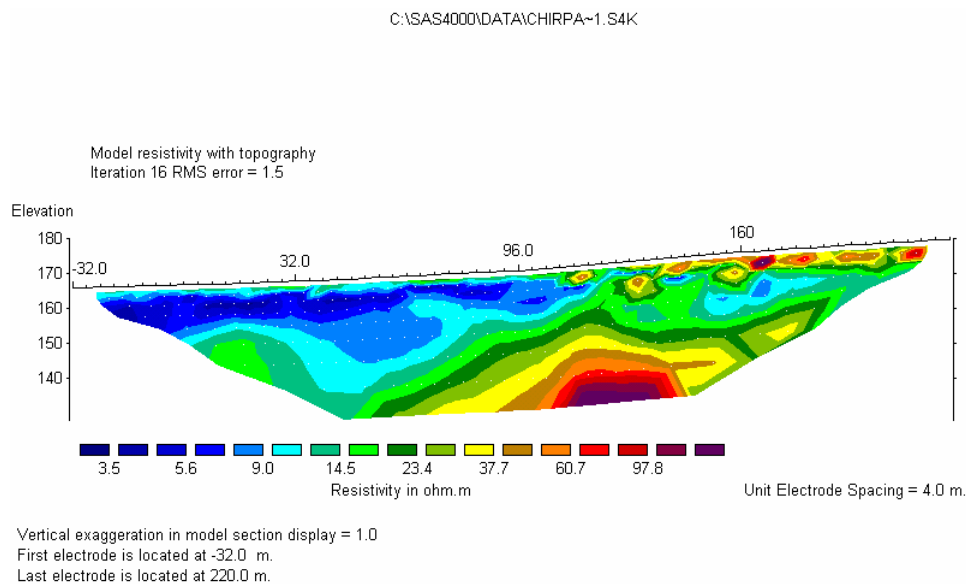
Примери за палеосейсмоложки изследвания в България

През 2000 г., в рамките на междуправителствена спогодба за научно сътрудничество между Република България и Кралство Белгия, се сключи 3-годишен договор между Геологическия институт при БАН и Кралската Обсерватория на Белгия за изпълнение на задачата: **МОМЕНТНИ ДЕФОРМАЦИИ В МЛАДИ СЕДИМЕНТИ – ГЕОЛОЖКИ ИНДИКАЦИИ ЗА ПАЛЕОСЕИЗМИЧНИ СЪБИТИЯ**. Изследванията продължиха и след 2002 г. с нов договор до края на 2005 г. на тема: “**Активни разломи и силни палеоземетресения в Тракийската низина**”. След анализ на наличната информация и полеви изследвания в района на Крупник–Кресна и Пловдив–Чирпан се взе решение за извършване на палеосейсмоложки изследвания в зоната на сегментите на Маришкия разлом, по които се е получило над 100 km повърхностно разломяване по време на земетресенията през м. април 1928 г.

Дейност по съвместния проект включваше теренни работи и обработка на получените данни, както и изкопаване, документиране и публикуване на резултатите от три палеосейсмоложки канали. Обобщена е наличната геоложка, геодезична и геоморфоложка информация за промените на земната повърхност, причинени от земетресенията през 1928 г. Установени са места на значителни повърхностни нарушения. На избрани участъци от активните структури са направени топографски и геофизични профили.

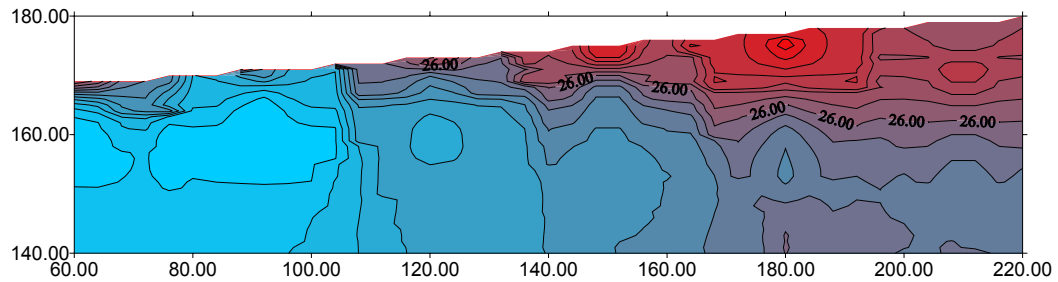
Траниеята при с. Черна гора, Чирпанско през 2002 г

След старателно анализиране на цялата налична информация от полевите геоложки, геофизични и геодезични изследвания, през 2002 г. се разкопа първата палеосейсмоложка канава в България. Геофизичната информация се оказва изключително важна за правилния избор на мястото за разкопаване на Чирпанския разлом, северно от с. Черна гора. На фиг. 8.2 е показан електротомографския разрез по профила, по който бе заложена палеосейсмоложката канава.



Фиг. 8.2. Електротомографски профил, пресичащ Чирпанския разлом северно от с. Черна гора.

Данните от вертикалното електрическо сондиране също показаха еднозначно местоположението на разлома (фиг. 8.3).



Фиг. 8.3. Псевдоелектрически разрез през Чирпанския разлом. Данните са от вертикално електрическо сондиране с разстояние между точките на измерване 30 м.

През м. септември и октомври 2002 г. се започна прокарването на първата палеосейсмоложка канава. Нейната дължина бе 60 m, дълбочина до 4 m и широчина 3,5 m (фиг. 8.4). В централната част на изкопа бе пресечен и очакваният разлом (фиг. 8.5). Във всички етапи на работата участва екип на Проблемната лаборатория по Сейзмотектоника при Геологическия институт на БАН, подсилен от седиментолози на института и палинолог от Института по Ботаника на БАН. От белгийска страна присъства екип от 3 души, начело с д-р Тиери Камелбеек, ръководител на секция Сейсмология при Кралската Обсерватория на Белгия. Към международния екип се присъединиха и колеги от Италия - от Институт по Геодинамика, Сейсмология и Вулканология в Рим.



Фиг. 8.4. Изглед към канавата от север по време на изкопните работи и ръчно чистене на стените.

След 10-дневна работа по изкопаване, изчистване на стените и разбиване на координатна мрежа се пристъпи към прецизно описание и заснемане с цифрова камера на стените на канавата. Едновременно с това се взимаха проби за седиментоложки и палинологски анализи, както и за датировки по абсолютна възраст. Щастливо обстоятелство бе откриването на различна дълбочина в почвения слой и на късове от древна керамика. По такъв начин определяне на времевия интервал на проява на откритите палеоземетресения ще бъде много по-точно, благодарение на значителните археоложки изследвания в района с добро датироване на находките.



А



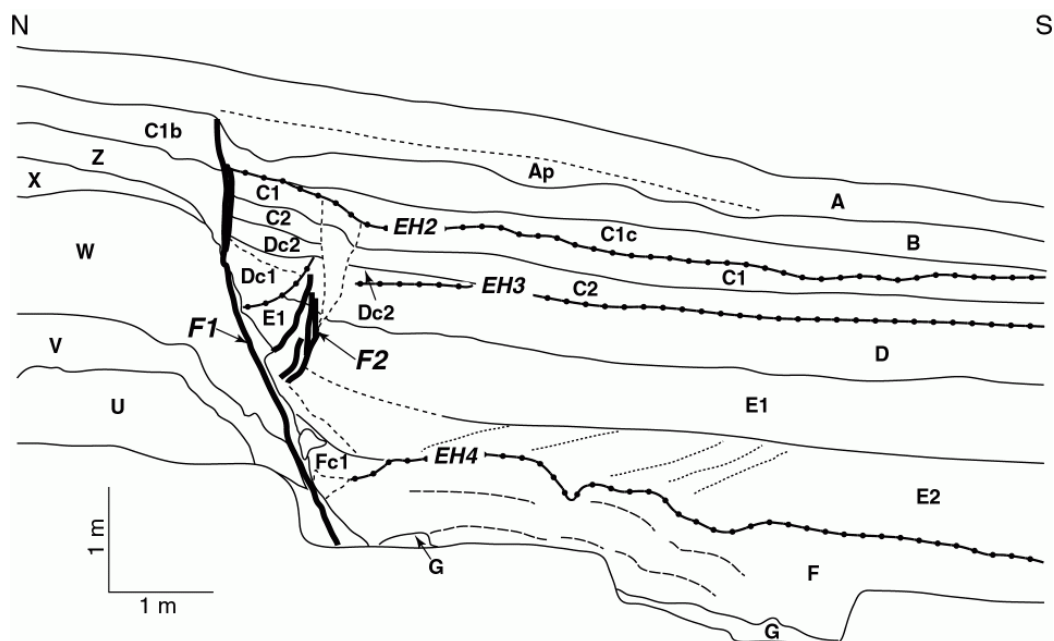
Б

Фиг. 8.5. Изглед на разлома към западната (А) и източната (Б) стени на канавата. Южната част на разреза е представена от дебел слой кватернерни седименти със следи от палеоземетресения (близката част на снимките). На север, издигнатото крило на разлома е изградено от песъкливо-глинестите седименти на Ахматовската свита (неогенска възраст).

Канавата разкрива разломна зона, отделяща разлочни седименти: в издигнатия блок глинесто-алевролитови пясъци на Ахматовската свита (плио-плеистоцен), а в пропадналия блок – глинесто-песъчливи алувиални седименти. Последните са отложени от временни наводнения от близките дерета и от Омуровска река, която се явява главна дренираща система за района и отстои на около 3 km от мястото на канавата. Зарисовка на източната стена на канавата е дадена на фиг. 8.6. Единици U, V, W и X са пластовете от Ахматовска свита, всеки от тях съдържащ тънък слой от чакъли в основата си. Интензивна мрежа от калцитни прожилки е развита в единица X. Покриващата я единица Z се състои от материал от Ахматовската свита, но с 20% калцит в матрикса. Тази единица се интерпретира като ниво Вк, формиращо непрекъснат почвен профил с калцитни прожилки в основата си. Седиментите в пропадналото крило са подразделени на единици F, E2, E1, D, C2, C1, B и A, но те практически имат относителна и слабо изразена стратификация. Единица F (черен цвят) и единица E (червеникаво-кафяв цвят) съдържат голямо количество калцитни нодули, докато единица D (светло кафяв цвят) съдържа 20% калцит в матрикса си вместо нодули. Единица D, следователно, би могла да се интерпретира като ниво Вк, подобно на единица Z във висящото крило, но развито в други изходни материали. Единици C1, B и A са оцветени в черно алувиални слоеве, богати на органична материя, частично разпространени и във висящото крило. Те се интерпретират като преработени почвени нива на единица A, като самата единица A съответства на обработваемото в момента ниво. Това са и единствените седименти, които биха могли да се корелират от двете страни на разлома.

Минераложкото и поленово съдържание показват, че само единица F е отлагана в студен климат, вероятно през късния глациал. Поленът в покриващите я алувиални слоеве отразява наличието на по-топъл климат, което е индикация за холоценско време.

Полен *Cerealia* се появява към горната част на на единица E2 и показва човешко присъствие в района от около 5000 ВС, като основание за това има и по археоложки артефакти. Основата на единица С съвпада приблизително с началото на интензивна селскостопанска дейност.



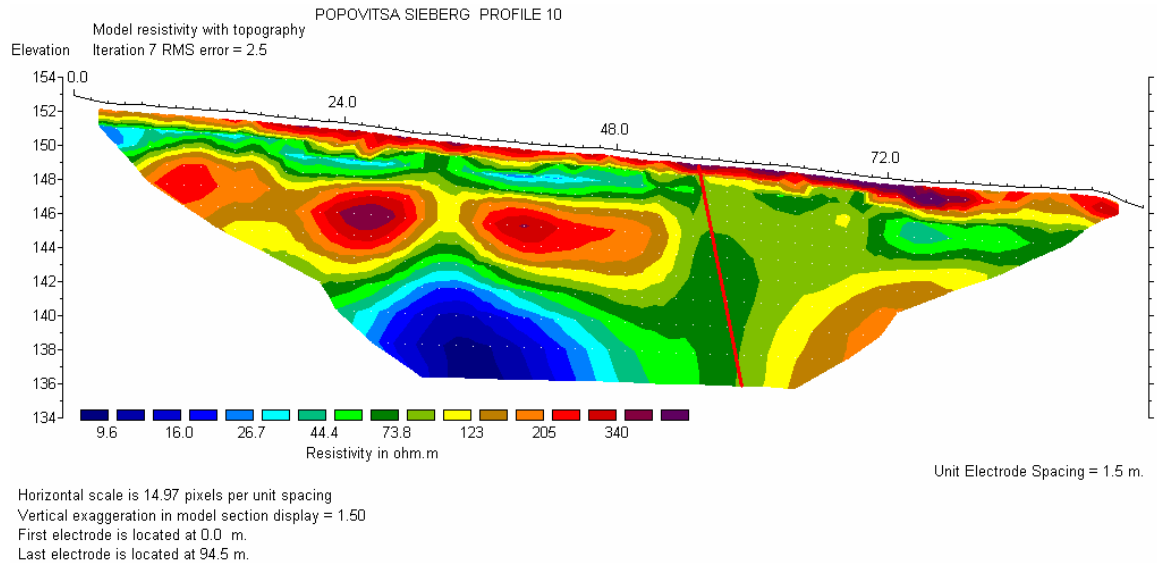
Фиг. 8.6. Разломната зона по източната стена на канавата при с. Черна гора

След детайлен анализ на разломната зона са идентифицирани редица наслаги от колувиален произход в седиментите на пропадналото крило, които могат да се интерпретират като колувиални свличания от стената на разлома. Има следи от поне четири палеоземетресения, като тук се включва и земетресението от 1928 година, от късния глациал до холоцена. Тяхното време може приблизително да се определи от абсолютните датирания и поленовия анализ. Първото земетресение е това от 1928 година, предхождащото го катастрофално събитие (което се определя с 0.40–0.45 m преместване) е станало преди около 2600 (В.Р.). Третото събитие е определено в един интервал от 5750 до 2600 години (В.Р.) и е с амплитуда на преместването 0.55–0.70 m. Четвъртото събитие е с разместване от минимум 0.50–0.70 m и се е случило около 8900 г. (В.Р.) до 4900 (В.С.), от когато и е населен районът. Получава се, че през Холоцена средната скорост на движение по разлома е 0.22 ± 0.12 mm/yr и средният интервал на проява на силни земетресения, сравними с това от 1928 г. е 2350 ± 643 . Тези данни са публикувани през 2006 г. (Vanneste et al., 2006).

Траншеята при с. Половица, Пловдивско, 2004

След проведени геоложки, геоморфоложки, геофизични и геодезични изследвания в района на с.Поповица, окончателно се доказва наличието на разлома, по който е станало разломяването при второто земетресение през 1928 г. (Профил P10-ET на фиг.8.7). Тук изследванията потвърдиха резултата от профилите по метода на вертикалното електрическо сондиране от 2002 г. югозападно от шосето между гр. Пловдив и с. Поповица. Тази площадка бе избрана за изкопаване на палеосейсмоложка канава.

СИ



Фиг. 8.7. Електротомографски профил P10-ET западно от с.Поповица.

Мястото на канавата се намира в непосредствена близост до Цариградското шосе (сега главен път Е-80), което е било пресечено от повърхностното нарушение при земетресението (фиг. 8.8). Нарушенията на пътя са заснети веднага след събитието (фиг. 8.9). При предварителните проучвания с плитките сондажи се установи наличието на пясъци със стари почвени хоризонти, което свидетелства за цикличност на седиментацията, обусловена от по-ранна активност. Върху електротомографски разрез на мястото на очаквания разлом се откроява тясна 6-8 m, вертикална зона с ниски електрични съпротивления. Разломната активност се доказва от разместване на пластове с по-високи съпротивления.



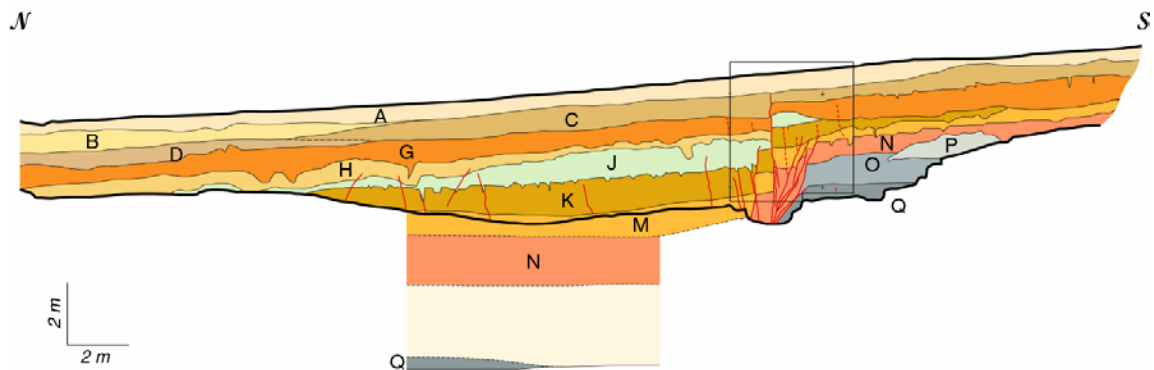
Фиг. 8.8. Канавата при село Поповица.



Фиг. 8.9. Нарушенията на Цариградското шосе (сега главен път Е-80) близо до Поповица показват повърхностната изява на разлома при земетресението на 18 април 1928 г. (ДИПОЗЕ, 1931).

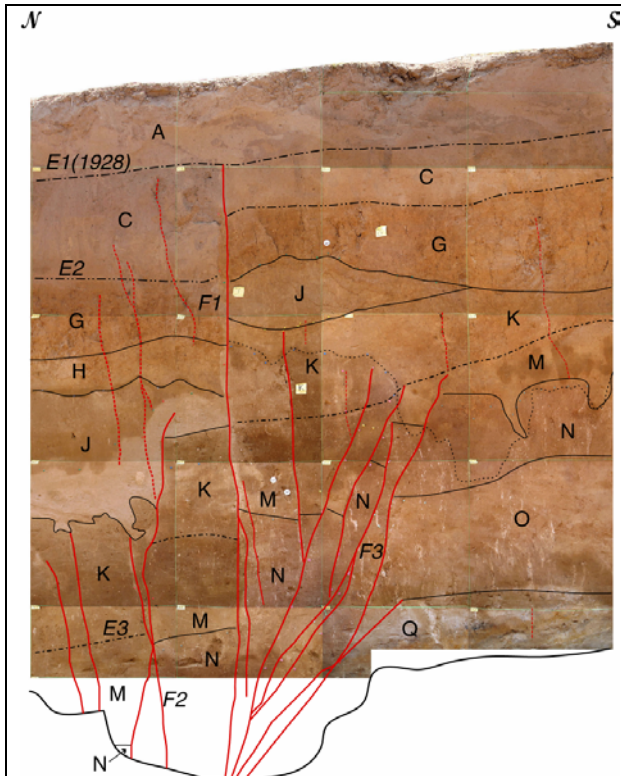
Стените на канавата разкриват алувиални пясъчливи седименти, претърпели значителни промени от почвообразователни процеси. Първичните седиментационни структури и тектури са запазени най-ясно в единици D, J, O и Q (фиг. 8.10). Единици J, O и Q са изградени от едро- и грубозърнести, на места гравийни и чакълни, пясъци в руслов фацис. Единици O и Q се разкриват само в лежащото крило. В един от сондажите във висящото крило са достигнати аналогични на единици O или Q седименти, но корелацията следва да се потвърди след седиментоложки анализи. Единица D представлява редуване на слоеве с глинесто-алевритов и по-пясъчлив състав с дебелина на отделните слоеве от 5-10 cm. Седиментите ѝ са предимно във фацис на заливна тераса.

Първичните седиментационни структури, тектури и цвят на останалите единици са променени в различна степен при почвообразуването. Характерът и степента на промяна зависи от положението на седиментите във вертикалния почвен профил. В седиментите, които са били на повърхността за продължителен период на тектонски покой, се е развил хумусният почвен хоризонт. Под него последователно се разполагат илувиалният и карбонатният хоризонти. Плътните вариации в дебелините на отделните синхронни хоризонти и в характера на промяна са нормално явление за местата в близост до активни разломи. Вариациите са обусловени от различните условия в двете крила на разлома. От една страна почвообразуването протича в различен изходен материал, а от друга, нарушенията в разломната зона увеличават водопроницаемостта. След всяко земетресение ерозията на лежащото крило редуцира дебелините на хумусния и илувиалния хоризонт и след достигане на профил на равновесие на повърхността започва образуването на нова почва, чийто профил започва от по-ниски нива на предишния почвен профил. Например, горната част на един стар илувиален хоризонт се трансформира в хумусен, а в долната му част продължава илувизацията. Новата седиментация във висящото крило след дадено земетресение погребва старата почва и след достигане на топографски профил на равновесие новата почва се развива в свежи седименти. Илувиалният хоризонт на предишния почвен профил може да продължи развитието си като такъв, но долната му част преминава към карбонатния хоризонт.

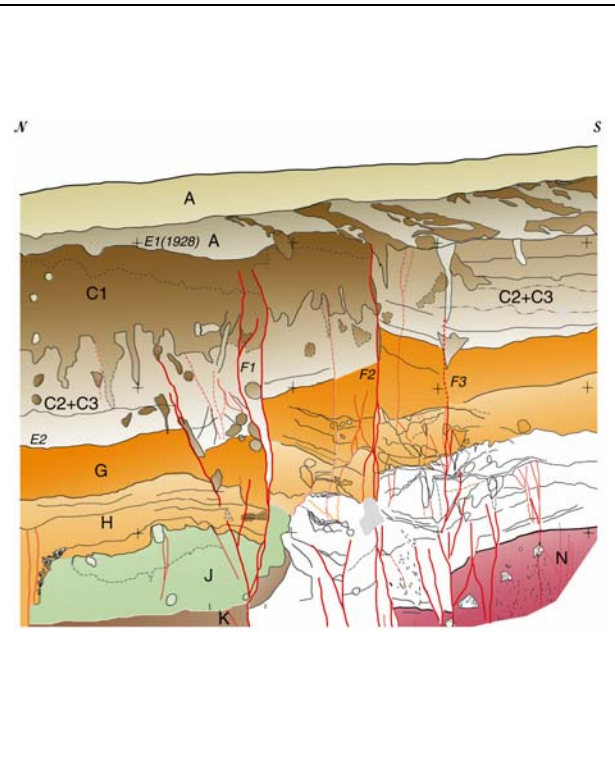


Фиг. 8.10. Опростена скица на разкритите единици и структури на източната стена.

Рамката в разломната зона е показана на фиг. 8.11. Основните деформации са концентрирани в около 8 m широка зона. Движенията по главните разломи е от разседно-отседен тип. За отседните движения се съди по различния характер на детайлите в самите единици и на границите между тях в блоковете между индивидуалните разломи. Канавата е проектирана и изработена за оценка на разседната компонента и не позволява оценка на отседната компонента.



Фиг. 8.11. Разломна зона на източната стена. Единици – А, С, G, H, J, K, M, N, O и Q; разломи – F1, F2 и F3; събитийни хоризонти – E1(1928), E2 и E3. Мрежата е 1x1 m.



Фиг. 8.12. Разломна зона на западната стена. Единици – А, C1, C2+C3, G, H, J, K, и N; разломи – F1, F2 и F3; събитийни хоризонти – E1 (1928) и E2. Мрежата е 1x1 m.

Разломите на двете стени на канавата се различават (фиг. 8.11 и 8.12), което се дължи на бърза смяна на разломната геометрия в рамките на ширината на канавата. На източната стена се разкриват три разлома, размествачи различни стратиграфски хоризонти. Разлом F1 е вертикален. Разлом F2 има наклон по-голям от 90°, което е често наблюдавана геометрия на разсед в приповърхностната зона. Разлом F3 е съставен от няколко субпаралелни повърхнини с наклон 65-70°. Трите разлома F1, F2 и F3 конвергират в дълбочина и на около 5 m под повърхността се събират. За разлика от източната стена, където величините на разместванията по трите разлома са съизмерими и регистрират разседните движения на три отделни събития, на западната стена са развити множество субвертикални разломи с по-малки амплитуди на разместване на съответните стратиграфски хоризонти. Разлом

F1 на източната стена регистрира земетресението през 1928 г. с разместване на долнището на единица С с 0,70 m (фиг. 8.11), докато същото събитие на западната стена се установява при едновременно движение по разломи F1 и F2, чието общо преместване на същия стратиграфски хоризонт е отново 0,70 m (фиг. 8.12). Близкото разположение на разломите на западната стена и заличаването на първичните седиментоложки характеристики при почвообразователните процеси не позволява еднозначно определяне на седиментите под единица G (неоцветената част на фиг. 8.12). Означените като единица H на юг от разлом F1 фактически представляват Vt почвен хоризонт в изходни седименти, които се корелират с единица K. На този етап взаимоотношенията на седиментите и нарушенията под единица G, разкрити на западната стена, не са интерпретирани по отношение на сеизмичната история.

В канавата до Поповица се регистрираха следите от четири земетресения, включително това през 1928 г. Доброто съгласуване на установената в канавата величина на разседното отместване при земетресението през 1928 г. с данните за топографските промени от повторното нивелачно измерване (Мирков, 1932) доказва правилността на палеосеизмоложкия подход при изучаване на по-стари земетресения. Силата на предишното и по-предишното събитие е близка до силата на земетресението през 1928 г., защото преместването и силата на земетресението са в пряка зависимост. Силата на най-старото (четвъртото) събитие е от същия порядък.

Периодите на повтаряемост на регистрираните земетресения е достатъчно дълъг за образуването на почвен профил с обособени хоризонти. Почвен профил се образува за период от 1000 до 3000 години (Birkeland, 1999). Типът на керамика, намерена в основата на единица С, ни дава основание да предположим, че предишното земетресение е станало през историческо време. Абсолютните възрасти на индивидуалните земетресения ще станат известни след датирание на образци с радиовъглеродния метод и метода на оптичната стимулирана луминисценция.