

КОРРЕКЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЯМСКОГО И АРТЫКСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАЛЕОСЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ

Важенин Б. П.

*Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН, г. Магадан
vazhenin@neisri.ru*

Введение

За исторический и инструментальный периоды наблюдения за сейсмичностью в юго-восточной половине сейсмического пояса Черского, простирающегося от устья Лены до Охотского моря, произошло два сильнейших землетрясения региона – Ямское 1851 г. и Артыкское 1971 г. [3, 4] (рис. 1).

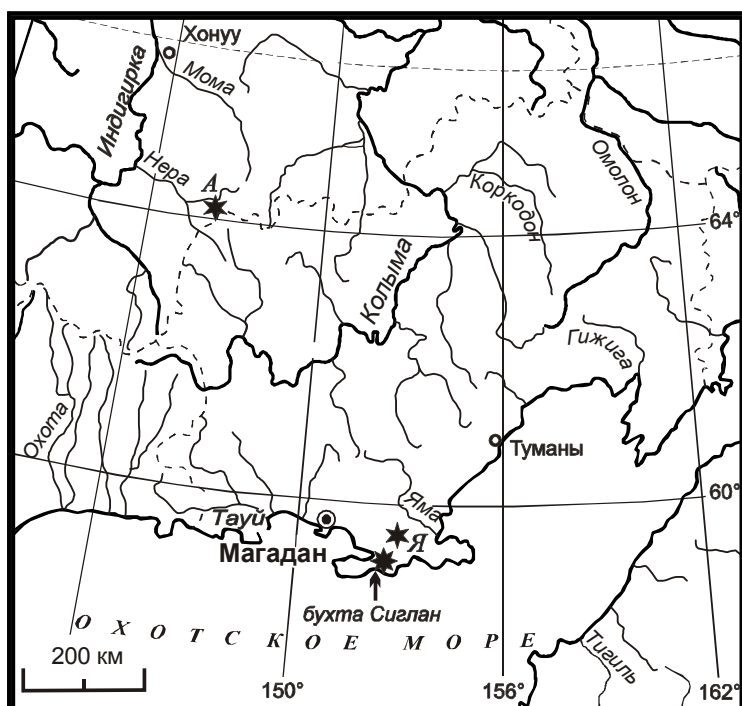


Рис. 1. Эпицентры сильнейших землетрясений сейсмического пояса Черского: 1 – Ямского 1851 г. (Я) и Артыкского 1971 г. (А); 2 – уточненное вероятное положение эпицентра Ямского землетрясения с учетом сигланских сейсмодиформаций



Анализ параметров этих землетрясений выполнен с использованием элементов тотальной палеосейсмогеологической методики [2].

1. Тотальный поиск во всем регионе эпицентральных зон голоценовых разрушительных землетрясений в стереомодели на серийных спектрональных космоснимках с разрешением на местности в первые десятки метров, с использованием в качестве индикаторов крупных (объемами не менее 1 млн м³) гравитационных дислокаций.

2. Выделение и картирование (в масштабах 1:1000000 – 1:100000) роев предполагаемых гравитационных дислокаций, из числа выявленных при дешифрировании спектрональных стереокосмоснимков.

3. Изучение выделенных роев гравитационных дислокаций в стереомодели на аэроснимках включающее:

- а) морфологическую характеристику гравитационных дислокаций;
- б) определение их размеров, объемов;
- в) поиск и изучение предполагаемых тектонических сейсмодислокаций;
- г) картирование выявленных предполагаемых гравитационных, тектонических, а также гравитационно-тектонических палеосейсмодислокаций;
- д) выделение комплексных роев предполагаемых палеосейсмодислокаций, включающих гравитационную, тектоническую и гравитационно-тектоническую составляющие.

4. Выборочная полевая заверка наиболее крупных предполагаемых палеосейсмодислокаций на ключевых участках, сопровождающаяся:

- а) фотодокументацией дислокаций и фона;
- б) опробованием с целью петрографического определения обвальных или иных литосборов, а также радиоуглеродного, спорово-пыльцевого, дендрохронологического, лихенометрического датирования дислокаций;
- в) поиском мелких дислокаций, пропущенных при дешифрировании.

5. Комплексное дешифрирование разномасштабных материалов фотосъемок – космических, авиационных и наземных с использованием топографических, геологических карт и других источников информации. Результатом этого этапа исследований является (окончательная) генетическая интерпретация предполагаемых палеосейсмодислокаций.

6. Сейсмологическая интерпретация комплексных роев палеосейсмодислокаций, включающая:

- а) вычисление магнитуд роев на основе известных формул: по длине сейсмогенных разрывов [8] и по величинам площади роев [9];
- б) оценка глубины очага каждого палеоземлетрясения (по характеру распределения дислокаций разного размера в пределах площади роя и по величине роя);
- в) оценка возраста роев и палеоземлетрясений по результатам радиоуглеродного, дендрохронологического, лихенометрического, спорово-пыльцевого опробования и на основе признаков постсейсмической адаптации сейсмически активизированных литосборов.

7. Сейсмологическая интерпретация территории, включающая:

- а) определение максимальной силы землетрясений региона;
- б) выделение суперроев, зон и субполюсов палеосейсмодислокаций и палеоземлетрясений;
- в) оценку повторяемости разрушительных землетрясений на основе их тотального выявления во всем регионе и ограничения временного диапазона, например, голоценом (как периодом их максимальной сохранности);
- г) сейсмологическое районирование территории с использованием данных по сильным современным землетрясениям, с выделением участков с наличием и отсутствием следов разрушительных голоценовых и современных землетрясений.

Ямское землетрясение

Данные о Ямском землетрясении 16 (28) ноября 1851 г. приведены в «Каталоге землетрясений Российской Империи» [7]. Их анализ [4] позволил установить, что площадь сотрясений с интенсивностью ≥ 5 баллов простиралась по северному побережью Охотского моря на 400 км от устья р. Тауй до р. Туманы. Сила толчка в эпицентре (в 60 км к западу от устья р. Яма) оценена в 8 баллов, а магнитуда землетрясения составила 6.5.

Среди макроэффектов, описанных очевидцами, наиболее мощные – «трещины в тундре» длиной в первые метры и шириной до 1,5 м – обнаружены вблизи устья р. Сиглан, впадающей в залив Забияка Охотского моря. Более всего подходят на роль таких «трещин в тундре» V-образные в поперечном профиле короткие расщелины в рыхлых отложениях левого борта приустьевое участка долины р. Сиглан, обнаруженные при полевом обследовании. Эрозионное происхождение этих расщелин исключается отсутствием у них вообще какого-либо водосбора. Они находятся в непосредственной близости (и на виду) от места осеннего лова рыбы (арктических гольцов) местными жителями, и поэтому легко могли быть ими замечены после землетрясения, которое они ощущали.

Дешифрированием аэроснимков и последующими полевыми работами выявлена и изучена серия сбросовых уступов высотой до 3 м и более и длиной до 200 м каждый, пересекающих рыхлые отложения слившихся пролювиально-селевых конусов выноса, выстилающих морскую цокольную террасу у подножья кряжа Сиглан (рис. 2). Уступы обращены к югу, в сторону моря и протягиваются в виде субширотной зоны шириной от 200 м до 1,5 км и длиной более 7 км. Количество сбросовых уступов в зоне возрастает к востоку от одного-двух до четырнадцати [2]. В отличие от отмеченных ранее расщелин, эти – более внушительные деформации – находятся в лиственничном лесу с подлеском из кедрового стланика, вдали от наиболее посещаемых мест и могли быть обнаружены лишь после отправки урядником донесения о землетрясении в Якутск.

Два крупных и более древних(?) уступа пересекают поперек дно Сигланской бухты, что видно во время сильных отливов. Юго-западные их фланги не заметны на аэроснимках оттого, что они замкнуты выносами в бухту аллювия реками Сиглан и Анмандыхан. Это может свидетельствовать о том, что возраст уступов древнее 1851 г.

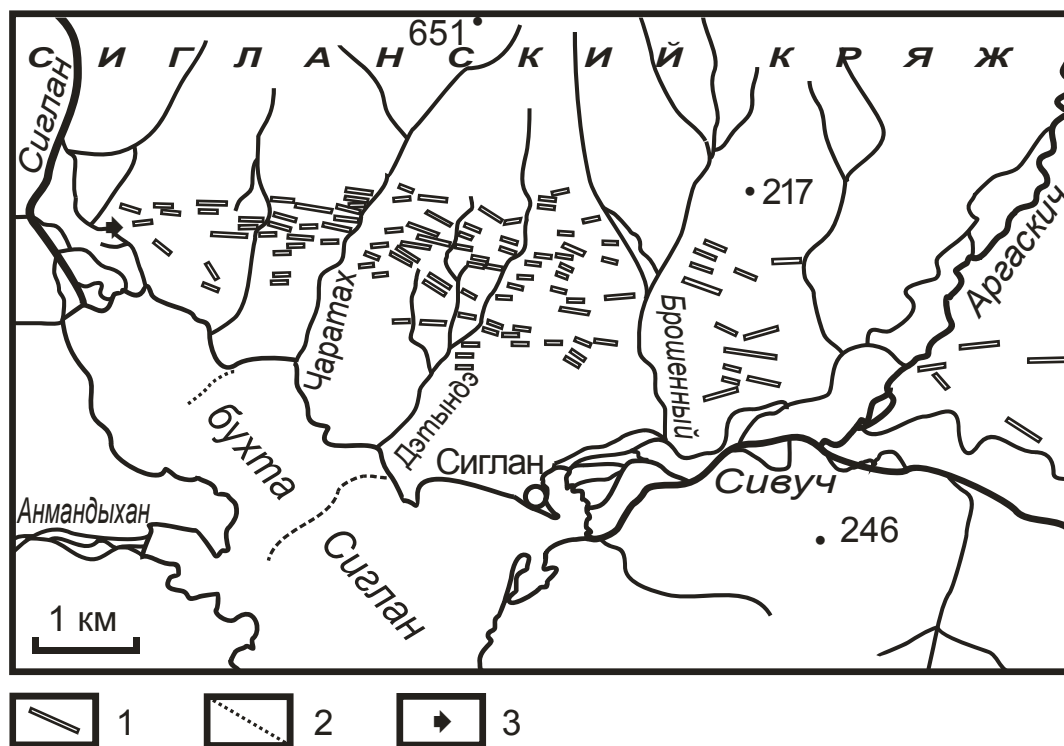


Рис. 2. Деформации рельефа в окрестностях бух. Сиглан, дешифрованные по аэроснимкам: 1 – сбросовые уступы высотой до 3 м, рассекающие шлейф из распластанных слившихся конусов выноса, перекрывающих морскую цокольную террасу у подножья кряжа Сиглан; 2 – хорошо заметные на аэроснимках (при отливе) уступы, секущие дно мелководной бух. Сиглан; 3 – расположение расщелин, которые, по-видимому, были отмечены очевидцами в 1851 г.

Возможность интерпретации этих деформаций в качестве следов Ямского землетрясения обусловлена: 1) расположением их вблизи устья р. Сиглан, где были описаны очевидцами наиболее мощные макросейсмические эффекты, но при этом – вне самых посещаемых мест, отчего крупные сбросовые уступы не были сразу замечены и не вошли в донесение о землетрясении; 2) хорошей сохранностью уступов в рыхлых отложениях, несмотря на деструктивное последующее воздействие на них криогенных склоновых процессов; 3) вывалом лиственниц вдоль уступов; 4) наличием обгорелых стволов поваленных лиственниц только на сбросовых уступах, что объясняется, вероятно, выбросом по трещинам при землетрясении горючих газов (по свидетельству местных жителей: «несколько лет перед тем выходил из-под земли дым с серным запахом» [7]).

Вычисление магнитуды по формуле ($M=5,73+0,96 \lg L$ [8]) для длины зоны сейсмогенных разломов в двух вариантах интерпретации (от р. Сиглан до левобережья руч. Брошенный – 7 км, а с добавлением серии сбросов в междуречье Сивуч-Аргаскич – 12 км) дает результаты: 6.5 и 6.8. При определении магнитуды по площади ($M=0,5 \lg S+5,9$ [9]) роя деформаций (55 км^2) $M=6.8$.

Многочисленность мощных сигланских сейсмодформаций и отсутствие таковых в других частях области 5-балльных сотрясений дают основание для суждения о том, что эпицентр Ямского землетрясения находился вблизи бух. Сиглан – на 66 км юго-западнее, определенного Б.М. Козьминым [4] по макросейсмическим данным (рис. 1), отмеченным в каталоге И.В. Мушкетова и А.П. Орлова [7].

Артыкское землетрясение

Артыкское (Оймьяконское) землетрясение с магнитудой 6.9-7.1 произошло 19 мая 1971 г. на границе Якутии и Магаданской области. 4-балльные сотрясения ощущались на большой территории от Хонуу до Магадана, отстоящих друг от друга на 800 км. Существенного ущерба это землетрясение не принесло, поскольку пришлось на малонаселенную местность, а также отличалось значительной глубиной очага. Тектонических сейсмодислокаций при аэровизуальных и полевых поисках не обнаружено. Наблюдались только массовые срывы оттаявшего почвенно-грунтового слоя размерами от квадратных метров до 20 тыс. м^2 со склонов повышенной крутизны. Суммарная их площадь в бассейне ручья Кобди (лев. приток р. Артык в бас. рек Нера и Индигирка) составила около 250 тыс. м^2 [1, 4, 6].

По этим данным площадь плейстосейстовой области, включающей поверхностные сейсмодетформации, была ограничена величиной около 9 км². Дешифрированием аэрофотографий, снятых до (в 1957 г.) и после (в 1976 г.) землетрясения, подтверждена оценка площади почвенно-грунтовых сейсмогравитационных срывов в бассейне ручья Кобди, добротнo выполненная в 1971 г. Р.А. Курушиным и др. [6]. При этом тектонических деформаций также не обнаружено (рис. 3).

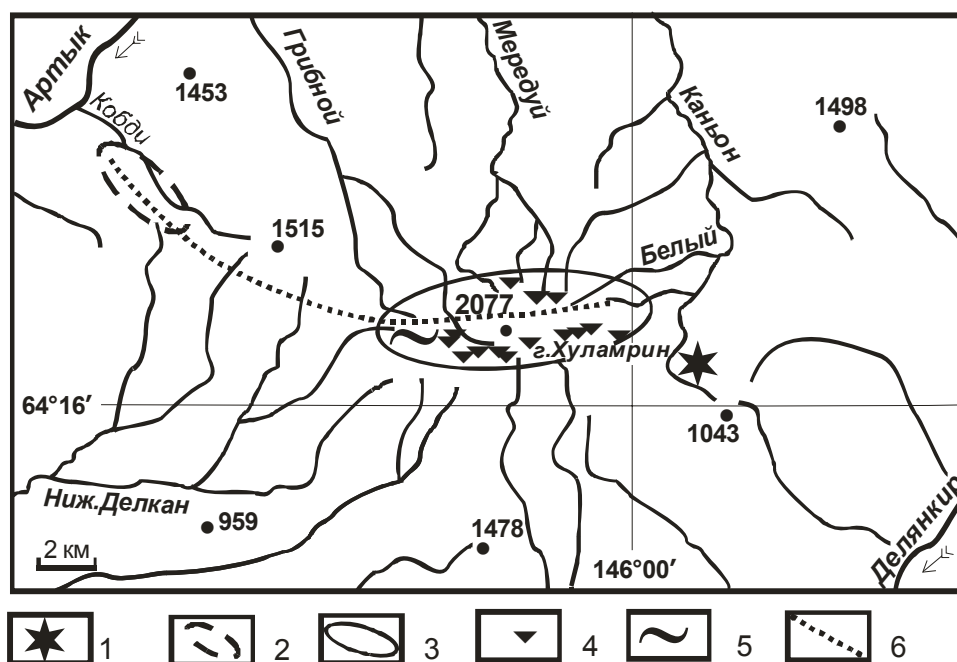


Рис. 3. Сейсмодетформации Артыкского землетрясения 1971 г. по данным Р.А. Курушина и др. [6] и новые, выявленные дешифрированием космо- и аэроснимков: 1 – эпицентр землетрясения, определенный по рою афтершоков [4, 5]; 2 – ареал грунтовых сейсмосрывов, изученных полевыми методами в бас. руч. Кобди; 3 – ареал новых сейсмодетформаций, изученных дистанционно, в массиве г. Хуламрин (2077 м); 4 – «свежие» глыбовые лавины и крупные обвално-осыпные конусы выноса, дешифрирующиеся на аэроснимках 1976 г.; 5 – подновленный после землетрясения 1971 г. крупный селевый поток; 6 – дугообразная линия, на которую нанизаны кобдинские и хуламринские гравитационные сейсмодетформации

Дополнительно к этому на аэроснимках 1976 г. в массиве г. Хуламрин в верховьях ручьев Грибной, Белый и Мередуи удалось обнаружить участки с крупными свежими обвално-осыпными конусами выноса и срывами глыбовых лавин с крутых склонов, упоминавшимся Р.А. Курушиным и др. [6]. Размеры глыбовых лавин существенно большие, чем грунтовых срывов в бассейне руч. Кобди – до 800 м длиной и до 300 м шириной.

С учетом хуламринских сейсмодетформаций плейстосейстовая область возрастает до 42 км², а вычисленная по формуле ($M=0,5 \lg S+5,9$ [9]) магнитуда увеличивается с 6.4 до 6.7, что ближе к инструментальным определениям – 6.9-7.1.

При этом в рельефе угадывается дугообразная линия, на которую нанизаны все сейсмодетформации – кобдинские и хуламринские. Наличие между ними промежутка без деформаций, вероятно, обусловлено низким обвальным потенциалом рельефа в нём [2]. Массив горы Хуламрин с его сейсмодислокациями попадает в промежуток между двумя суброями афтершоков и располагается ближе к определенному инструментально эпицентру главного толчка, чем срывы в бас. руч. Кобди.

Следы древних сильных землетрясений в регионе

В верховьях руч. Грибной дешифрированием аэроснимков выявлена древняя сейсмоструктура поперечником около 1,5 км, включающая: anomalно расчлененный блок скальных пород в контактовой зоне гранитоидного массива Хуламрин; напоминающий формой, порезанный для засолки на куски шмат сала. С ним комплексируют обвално-осыпные конусы выноса и многочисленные резкие и глубокие расщелины. На древность деформаций указывает сплошная покрытость скал и глыб серыми накипными лишайниками на снимках как 1957, так и 1976 г., из чего следует, что, несмотря на резкость и свежесть древних сейсмогенных образований их подновления при Артыкском землетрясении не произошло.

Еще более грандиозные древние сейсмодетформации выявлены и изучены в 90 км к северу от эпицентра Артыкского землетрясения – в хр. Улахан-Чистай [2]. Здесь на участке поперечником около 15 км сосредоточено большое количество гравитационных и тектонических сейсмодислокаций: около 10 обвалов объемами более 1 млн м³, два из них – Улахан-Чистай-300 и Юрюн-Тас-50 по 300 и 50 млн м³ соответственно. С ними связано множество обвально-осыпных конусов выноса, высокоамплитудные сбросо-сдвиги на оси крупного регионального разлома Улахан. Обвал Улахан-Чистай-300 залегает в долине руч. Юрюн-Тас в виде тромба высотой 360 м над погребенным тальвегом. Он возник при обрушении из правого борта долины контрфорса километровой длины. За время существования завала (~4000 лет – по радиоуглеродному датированию обвалов-сателлитов) в подпрудном бассейне накопилась толща рыхлых отложений мощностью 140 м. Обрушение этого обвала и его сателлитов вызвано, вероятно, резкой подвижкой по разлому Улахан.

Крупный древний сбросообвал Большой Забияка расположен на западном берегу залива Забияка в 15 км от сигланских деформаций [2]. Резкая просадка блока горных пород с амплитудой около 80 м вызвала обрушение на его поверхность обвала объемом около 5 млн м³, который выдвинулся в море более чем на 100 м. Его фронтальный уступ подвергается абразии.

В Северном Приохотье в 280 км к северо-востоку от бух. Сиглан изучена Чульская сейсмоструктура, включающая обвал Чул-300 (объемом 300 млн м³), серию обвалов-сателлитов объемами в первые миллионы кубометров, высокоамплитудные сбросовые уступы, расщелины в коренных скальных водоразделах длиной до 1 км и глубиной до 100 м, множество обвально-осыпных конусов выноса [2]. Плащеобразный обвал Чул-300 размерами 2×3 км и мощностью до 150 м завалил огромными глыбами (до 20 м) среднюю и нижнюю части долины руч. Озерный, водораздел его с руч. Коленчатый и запрудил долину р. Чул. Источником обвальной массы послужил пластообразный блок вулканомиктовых песчаников в левом водоразделе руч. Озерный размерами 300×750×1200 м. Максимальная дальность перемещения масс по горизонтали составила 2,5 км, по вертикали – 0,9 км. Левый фланг высокодинамичного глыбового потока, достигнув выступа коренного водораздела между ручьями Озерный и Коленчатый – горы Левый Пилон – был подброшен ею, как трамплином, и последнюю часть пути – до 1 км – к днищу долины р. Чул часть обвальной массы объемом около 10 млн м³ преодолела по воздуху. За время существования завала (более 2000 лет) река пропилила в нем каньон глубиной 60 м и длиной 1,5 км.

Заключение

В результате тотального палеосейсмогеологического исследования [2] юго-восточной половины сейсмического пояса Черского определена максимальная магнитуда голоценовых землетрясений в регионе – 7.4-7.6. Повторяемость разрушительных землетрясений с $M \geq 6.5$ составила одно событие в 71 год или 1/50000 лет для каждого участка площадью 1000 км². Ямское и Артыкское землетрясения представляются на этом фоне не экстраординарными, а рядовыми проявлениями сильной сейсмичности.

Список литературы

1. Белый В.Ф., Валпетер А.П., Мерзляков В.М. Сильное землетрясение Северо-Востока СССР // Природа, 1971. №12. С. 64-67.
2. Важенин Б.П. Принципы, методы и результаты палеосейсмогеологических исследований на Северо-Востоке России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. 205 с.
3. Важенин Б.П., Мишин С.В., Шарафутдинова Л.В. Землетрясения Магаданской области. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. 44 с.
4. Козьмин Б.М. Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. М.: Наука, 1984. 126 с.
5. Кочетков В.М., Козьмин Б.М. Оймяконское землетрясение 1971 г. и его афтершоки // Сейсмичность и глубинное строение Сибири и Дальнего Востока. Владивосток: СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 61-67.
6. Курушин Р.А., Демьянович М.Г., Кочетков В.М. Макросейсмические последствия Оймяконского землетрясения // Сейсмичность и глубинное строение Сибири и Дальнего Востока. Владивосток: СахКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 50-60.
7. Мушкетов И.В., Орлов А.П. Каталог землетрясений Российской империи. СПб., 1893. 582 с. (Зап. Рус. геогр. об-ва. Т. 26).
8. Хромовских В.С., Обухова Л.Г. Количественные соотношения между магнитудами и длинами зон видимых сейсмогенных разрывов по наиболее полной выборке сильных землетрясений мира // Современная динамика литосферы континентов. Методы изучения / Под ред. Н.А. Логачева, В.С. Хромовских. М.: Недра, 1989. С. 240-255.
9. Adams J. Earthquake-dammen lake in New Zealand // Geology. 1981. Vol. 9. P. 215-219.