

**Б.П. Важенин**

(Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт ДВО РАН;  
e-mail: vazhenin@neisri.ru)

## **УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЯМСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ 1851 г. В СЕВЕРНОМ ПРИОХОТЬЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАЛЕОСЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МЕТОДИКИ**

*Обнаружение и изучение тектонических сейсмодислокаций вблизи бухты Сиглан на северном берегу Охотского моря позволило уточнить положение эпицентра, магнитуду и глубину очага Ямского землетрясения 1851 г., определенные до этого по макросейсмическим данным, полученным от очевидцев. Материалы статьи могут быть полезны при решении проблем безопасности техносферы от землетрясений.*

*Ключевые слова: Ямское землетрясение, сейсмодислокации, палеосейсмогеологическая методика, Северное Приохотье, Магаданская область.*

**B.P. Vazhenin**

## **REFINEMENT OF PARAMETERS OF YAMSKOE EARTHQUAKE WHICH OCCURRED IN 1851 YEAR IN NORTHERN PRIOKHOTJE WITH USED PALEOSEISMIC-GEOLOGICAL METHODS**

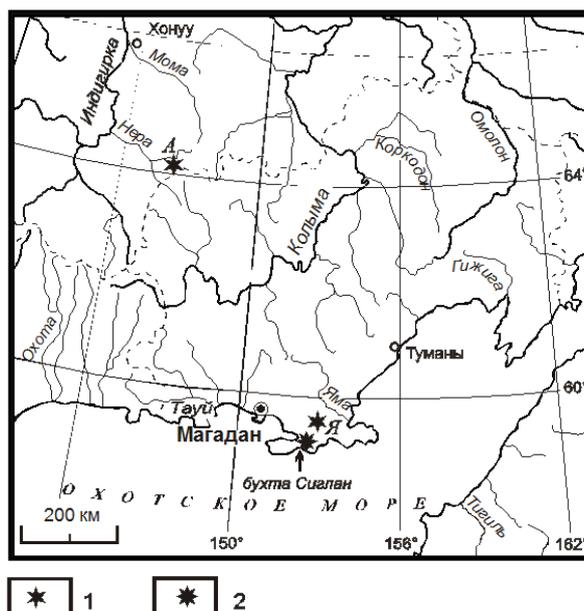
*Detection and study of tectonic seismic dislocations near the Siglan bay area over the northern coast of the Sea of Okhotsk allowed for pinpointing the epicenter position, magnitude and depth of the Yamskoe Earthquake (1851 year), whereas earlier these were just rough data provided by people who were just accidental observers. The material can be helpful in solving the problems of technosphere safety from earthquakes.*

*Key words: the Yamskoe Earthquake, seismic dislocations, paleoseismic-geological methods, Northern Priokhotje, Magadan Region.*

### **Введение**

Ямское землетрясение – одно из двух сильнейших, произошедших за исторический и инструментальный периоды наблюдения в сейсмическом поясе Черского, простирающемся от устья Лены до Охотского моря (рис. 1). По сведениям очевидцев, Ямское землетрясение ощущалось 28 ноября 1851 г. на северном побережье Охотского моря на протяжении "700 вёрст" [1]. В Ямской крепости и её окрестностях в домах расшатало печи, в доме священника упала печная труба, землянки рыбаков были повреждены, а на реке сломало лед.

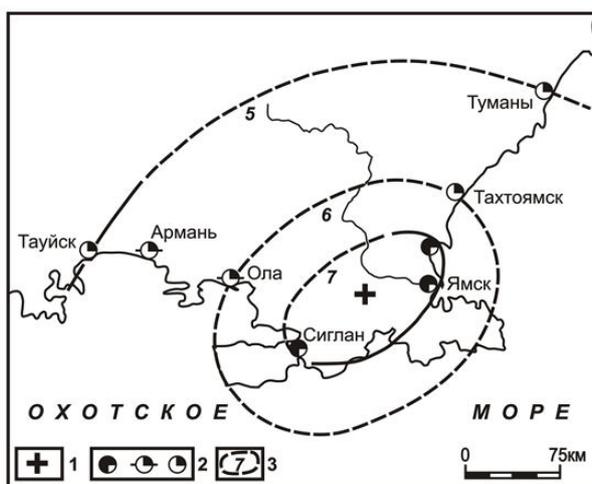
В устье реки Сиглан, впадающей в одноименную бухту Охотского моря, также был взломан лед, толстые деревья заметно раскачивались, люди с трудом удерживались на ногах. В "тундре", надо полагать, вблизи устья реки Сиглан, откуда пришло сообщение рыбаков, образовались трещины шириной "до двух аршин" и длиной "до 1,5 сажень".



**Рис. 1.** Эпицентры сильнейших за инструментальный и исторический периоды наблюдения землетрясений сейсмического пояса Черского: 1 – Ямского 1851 г. (Я) и Артыцкого 1971 г. (А); 2 – уточненное вероятное положение эпицентра Ямского землетрясения с учётом сигланских сейсмодформаций

Анализ опубликованных данных [1] о макросейсмических эффектах, выполненный Б.М. Козьминым [2], позволил ему определить основные параметры этого землетрясения:

- площадь сотрясений с интенсивностью  $\geq 5$  баллов простиралась по северному побережью Охотского моря на 400 км от устья реки Тауй до реки Туманы (рис. 2);
- сила толчка в эпицентре (в 60 км к западу от устья реки Яма) оценена в 8 баллов;
- магнитуда определена величиной 6,5;
- интенсивность в эпицентре – 8 баллов.



**Рис. 2.** Изосейсты Ямского землетрясения 1851 г. (по Б.М. Козьмину [2]): 1 – эпицентр толчка по макросейсмическим данным; 2 – интенсивность сотрясений в 7, 5-6 и 5 баллов соответственно; 3 – изосейсты

Эпицентр землетрясения, вполне обоснованно, по имеющимся макро-сейсмическим данным, не охватывавшим всей плейстосейстовой области – в связи с невысокой плотностью населения в регионе – был размещен Б.М. Козьминим между двумя пунктами с максимальными наблюдавшимися эффектами: Ямском и Сигланом – несколько ближе к первому из них.

Новые данные для уточнения основных параметров Ямского землетрясения получены в ходе многолетнего тотального палеосейсмогеологического изучения юго-восточной половины сейсмического пояса Черского [3], когда была обследована и плейстосейстовая область этого – одного из двух сильнейших сейсмических событий в регионе.

### **Краткий алгоритм тотальной палеосейсмогеологической методики [3]**

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 (объёмами не менее 1 млн м<sup>3</sup>) гравитационных дислокаций.

2. Выделение и картирование (в масштабах 1 : 1 000 000 – 1 : 100 000) 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, объёмов;
- 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, лишенометрического 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 [4] и по величинам площади роев [5];

б) оценку глубины очага каждого палеоземлетрясения (по характеру распределения дислокаций разного размера в пределах площади роя и по величине роя);

в) оценку возраста роев и палеоземлетрясений по результатам радиоуглеродного, дендрохронологического, лишенометрического, 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 субпоясов 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.

### **Сейсмодеформации в эпицентральной области Ямского землетрясения**

Как отмечалось, самые мощные во всей эпицентральной области макросейсмические эффекты, описанные очевидцами, – "трещины в тундре" в отложениях, скованных многолетней мерзлотой – обнаружены вблизи устья реки Сиглан, впадающей в залив Забияка Охотского моря. Подобные деформации рельефа и горных пород не были выявлены при дешифрировании в других её частях, где к самым серьезным относятся лишь повреждения печей и землянок в Ямске и его окрестностях.

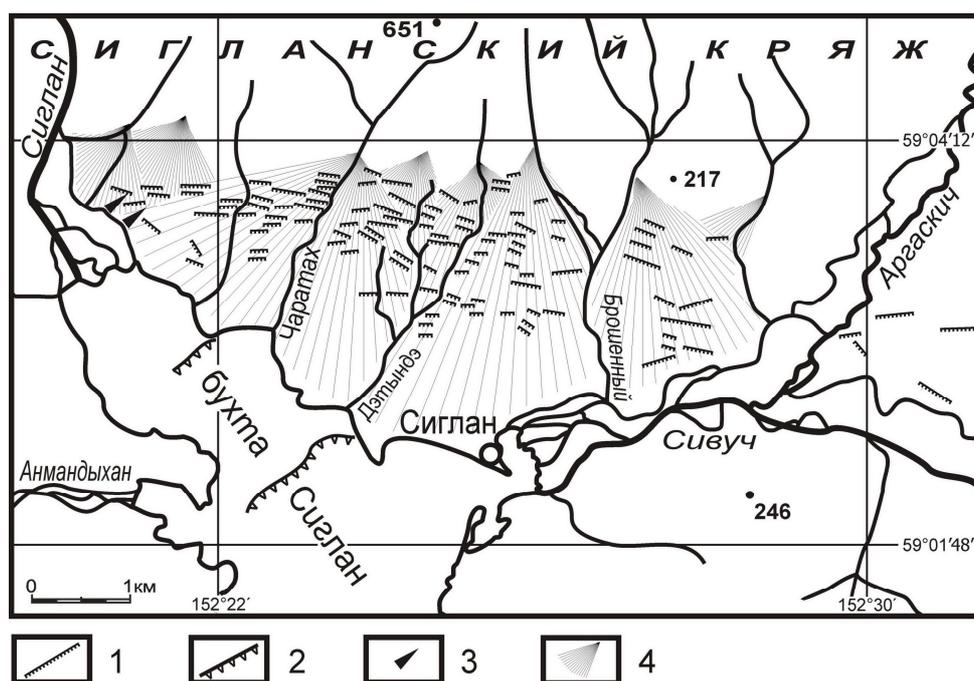
Дешифрированием космо- и аэроснимков на всю эпицентральной область и при полевом обследовании обнаружены и изучены V-образные в поперечном профиле короткие расщелины в рыхлых отложениях левого борта приустьевое участка долины реки Сиглан (рис. 3, 4).

Именно эти расщелины более всего подходят на роль таких "трещин в тундре". Они располагаются как раз вблизи места лова рыбы в устье реки Сиглан и потому легко могли быть обнаружены рыболовами-очевидцами. Расщелины полностью совпадают по размерам – шириной "до двух аршин" (1,42 м) и длиной "до 1,5 сажень" (3,2 м) – с описанными "трещинами" и, спустя 150 лет после возникновения, сохранили облик, близкий к первоначальному,

насколько об этом можно судить по лаконичному их описанию очевидцами. Небольшую длину "трещин" при значительной ширине можно объяснить их заложением на максимально прогреваемом склоне долины юго-западной экспозиции. К моменту землетрясения (28 ноября) он, по-видимому, ещё не полностью промерз после летней оттайки, глубина которой здесь близка к глубине трещин-расщелин.



**Рис. 3.** Одна из нескольких расщелин в левом борту приустьевой части долины реки Сиглан, рассекающая уступ цокольной морской террасы, перекрытой отложениями пролювиально-селевых конусов выноса. Эти расщелины находятся вблизи реки и хорошо видны с места лова рыбы – тем более в конце ноября, когда лиственницы и кустарники уже лишились хвои и листья



**Рис. 4.** Тектонические деформации рельефа на северном берегу бухты Сиглан, дешифрированные по аэроснимкам и заверенные в "поле":

- 1 – сбросовые уступы высотой до 3 м, рассекающие шлейф из распластанных слившихся конусов выноса, перекрывающих морскую цокольную террасу у подножья кряжа Сиглан;
- 2 – уступы, секущие дно мелководной бухты Сиглан, хорошо заметные на аэроснимках при низких отливных уровнях моря;
- 3 – расщелины в уступе цокольной террасы, которые, по-видимому, были отмечены очевидцами в 1851 г.;
- 4 – пролювиально-селевые конусы выноса на поверхности морской цокольной террасы

Эрозионное происхождение этих расщелин исключается отсутствием у них вообще какого-либо водосбора. Предположение об их термокарстовом генезисе не находит подтверждение в связи с полным отсутствием подобных процессов в ближайших окрестностях.

Восточнее охарактеризованных трещин-расщелин дешифрированием космо- и аэроснимков и последующими полевыми работами выявлена и изучена серия многочисленных сбросовых уступов высотой до 3 м и более, длиной до 200 м каждый, рассекающих рыхлые отложения слившихся пролювиально-селевых конусов выноса, перекрывающих морскую цокольную террасу у подножья кряжа Сиглан (рис. 5).



**Рис. 5.** Сбросовые уступы, рассекающие отложения слившихся на флангах пролювиально-селевых конусов выноса, выстилающих с поверхности морскую цокольную террасу на северном берегу бухты Сиглан у подножья одноименного кряжа

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 [3]. В отличие от отмеченных ранее "трещин в тундре" или расщелин, эти – более внушительные тектонические деформации – находятся в лиственничном лесу с подлеском из кедрового стланика, вдали от наиболее посещаемых мест и, вероятно, поэтому не были обнаружены до отправки урядником донесения о землетрясении в Якутск.

Возможность интерпретации этих деформаций в качестве следов Ямского землетрясения обусловлена:

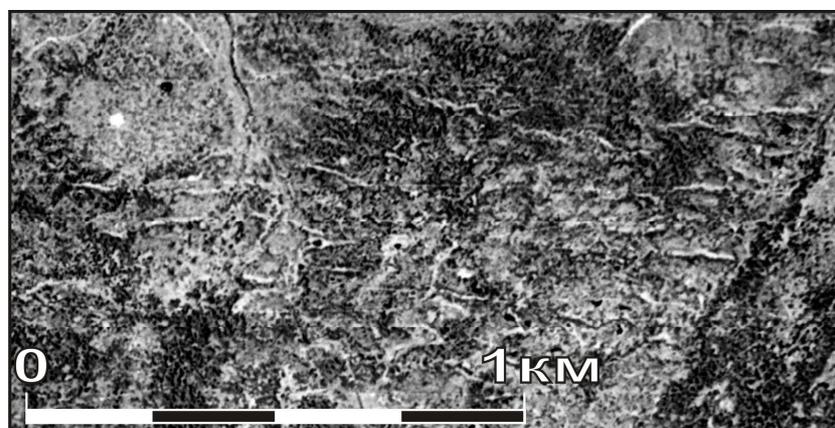
1) расположением их вблизи устья реки Сиглан, где были описаны очевидцами наиболее мощные макросейсмические эффекты, но при этом – вне самых посещаемых мест, отчего крупные сбросовые уступы не были сразу замечены и не вошли в донесение о землетрясении;

2) хорошей сохранностью уступов в рыхлых отложениях, несмотря на деструктивное последующее воздействие на них криогенных склоновых процессов;

3) вывалом лиственниц вдоль уступов (рис. 5 б);

4) наличием обгорелых стволов упавших лиственниц (рис. 5 б) 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" [1]).

Интерпретация сбросовых уступов в качестве фронтальных уступов солифлюкционных террас исключается их почти совершенной прямолинейностью, хорошо заметной на материалах дистанционных съемок (рис. 6), не свойственной солифлюкционным террасам с дугообразным уступом. При этом небольшая волнистость некоторых уступов не противоречит их сейсмотектоническому происхождению. Прямолинейность зоны уступов и их веерообразный в плане рисунок (рис. 4) также свидетельствуют в пользу сейсмотектонического генезиса.



**Рис. 6.** Сбросовые уступы на поверхности морской цокольной террасы на северном берегу бухты Сиглан в бассейне ручья Чаратах, хорошо заметные на материалах дистанционного зондирования

Два крупных и, вероятно, более древних уступа (рис. 4) пересекают поперек дно Сигланской бухты, что видно при низких отливных уровнях моря. Юго-западные их фланги не заметны на аэроснимках оттого, что они замыты выносами аллювия в бухту реками Сиглан и Анмандыхан. Это может свидетельствовать о том, что возраст уступов древнее 1851 г. Вероятно, они также имеют сейсмическое происхождение, только более древнее.

## Сейсмологическая интерпретация деформаций

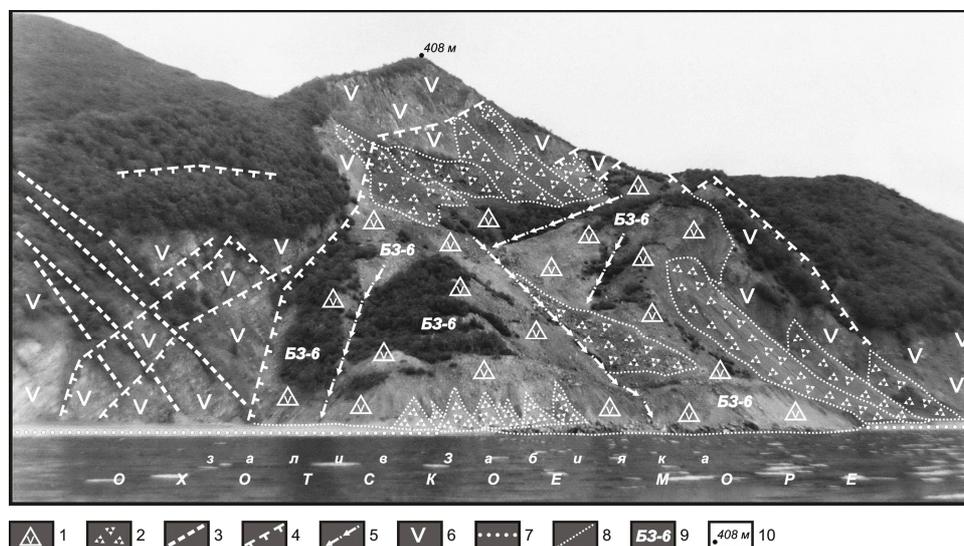
Вычисление магнитуды по формуле ( $M = 5,73 + 0,96 \lg L$  [4]) для длины зоны сейсмогенных разломов в двух вариантах интерпретации (от реки Сиглан до левобережья ручья Брошенный – 7 км, а с добавлением серии сбросов в междуречье Сивуч-Аргаскич – 12 км) дает результаты: 6,5 и 6,8. При определении магнитуды по площади ( $M = 0,5 \lg S + 5,9$  [5]) роя сейсмодформаций ( $55 \text{ км}^2$ )  $M = 6,8$ .

Многочисленность сигланских мощных тектонических сейсмодформаций и отсутствие таковых в других частях области 5-балльных сотрясений дают основание для суждения о том, что эпицентр Ямского землетрясения находился вблизи бухты Сиглан – на 66 км юго-западнее, определенного Б.М. Козьминым [2] по макросейсмическим данным (рис. 2), опубликованным И.В. Мушкетовым и А.П. Орловым [1].

Большая площадь эпицентральной области с 5-балльными эффектами – с одной стороны – свидетельствует о сравнительно большой глубине очага землетрясения – порядка 10-15 км, а возникновение внушительной серии сбросовых уступов – с другой – о выходе очага на земную поверхность, то есть очаг, вероятно, располагался на глубине до 15 км.

## Следы древних сильных землетрясений в регионе

Крупный древний сбросообвал Большой Забияка-6 (рис. 7) расположен на западном берегу залива Забияка в 15 км от сигланских деформаций [3, 6].



**Рис. 7.** Сейсмоструктура Большой Забияка на западном берегу залива Забияка на севере Охотского моря:

- 1 – обвальные отложения, представленные глыбами и щебнем среднеюрских эффузивов;
- 2 – обвально-осыпные конусы выноса; 3 – разломы без заметного смещения по ним;
- 4 – сбросовые уступы; 5 – суффозионные ложбины на поверхности обвала; 6 – выходы коренных среднеюрских эффузивов; 7 – пляж аномальной ширины (до 100 м), формирующийся за счет размыва морем фронтальной части обвала Большой Забияка-6 и двух соседних: Малый Забияка-0,72 и Душистый-5; 8 – контуры гравитационных тел;
- 9 – сейсмообвал Большой Забияка-6; 10 – абсолютная высота в метрах

Резкая сеймотектоническая просадка блока горных пород с амплитудой около 80 м вызвала обрушение на его поверхность обвала объемом около 6 млн м<sup>3</sup>, который выдвинулся в море более чем на 100 м. Его фронтальный уступ подвергается абразии. Неподалеку находится глыбовый обвал-поток Душистый-5 длиной до 2 км. Под клифом восточного берега зал. Забияка залегает – большей частью ниже уровня моря – ещё один крупный береговой обвал Забияка-24.

В Северном Приохотье в 280 км к северо-востоку от бухты Сиглан в Туманском роге палеосейсмодислокаций дистанционными и полевыми методами изучена грандиозная Чульская сейсмоструктура, включающая обвал Чул-300 (объемом 300 млн м<sup>3</sup>), 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 [3]. Огромный плащевидный обвал Чул-300, размерами 2 × 3 км и мощностью до 150 м завалил глыбами вулканомиктовых песчаников (поперечником до 30 м) среднюю и нижнюю части долины ручья Озерный, водораздел его с ручьем Коленчатый и запрудил долину реки Чул. Расстояние перемещения масс по горизонтали составило 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 (809 м) –, был подброшен ею, как трамплином, и последнюю часть пути – до 1 км – к днищу долины реки Чул часть обвальной массы объемом около 10 млн м<sup>3</sup> преодолела по воздуху. За время существования завала река пропилила в нем каньон глубиной 60 м и длиной 1,5 км.

Известна и иная точка зрения на геолого-геоморфологические последствия Ямского землетрясения 1851 г. [7], автор которой, ссылаясь на расположение эпицентра Ямского землетрясения 1851 г. в выделенной им Ланково-Омолонской зоне разломов (хотя это не так. – *Б. Важ.*), а также на наличие мощных сейсмодислокаций в Туманском хребте (рои Туманский и Чинганджа с магнитудами, определенными по палеосейсмодислокациям – 7,0 и 7,2 [3]. – *Б. Важ.*), делает неожиданный вывод о возможности здесь землетрясений с магнитудой вплоть до 9 ("*with a magnitude up to 9,0*"). Тот же автор в тезисах 1988 г. [8] заявляет, что в хребте Туманском "*предположительно 100-150*"<sup>1</sup> лет тому назад в результате Ямского землетрясения 1851 г. возник "*крупный район сейсмодислокаций*" (это – указанные ранее рои. – *Б. Важ.*). Полевая заверка в 1987 г. позволила определить дендрохронологическим и радиоуглеродным методами их намного больший возраст – не менее 2 тыс. лет [3]. Да и располагаются туманские палеосейсмодислокации на удалении свыше 200 км от эпицентра Ямского землетрясения – за пределами даже 5-балльной изосейсты.

---

<sup>1</sup> Почему-то возраст Ямского землетрясения указывается приблизительно ("*100-150 лет*"), когда известна его точная дата – 28 ноября 1851 г.

## Заключение

В результате поведённых исследований получено новое значение магнитуды Ямского землетрясения ( $M = 6,5-6,8$ ). Эпицентр, вероятно, находился вблизи бухты Сиглан. Интенсивность землетрясения в эпицентре, судя по сигланским тектоническим сейсмодеформациям, составила не менее 9 баллов. В связи с тем, что тотальным палеосейсмогеологическим исследованием [3] юго-восточной половины сейсмического пояса Черского определена максимальная магнитуда голоценовых землетрясений в регионе – 7,4-7,6, а повторяемость разрушительных землетрясений с  $M \geq 6,5$  составила одно событие в 71 год для всего региона или 1/50 000 лет для каждого участка площадью 1 000 км<sup>2</sup>, Ямское землетрясение представляется не экстраординарным, а обычным проявлением сильной сейсмичности в регионе.

## Литература

1. **Мушкетов И.В., Орлов А.П.** Каталог землетрясений Российской империи. С.-Пб., 1893. 582 с. (Зап. Рус. геогр. об-ва. Т. 26).
2. **Козьмин Б.М.** Сейсмические пояса Якутии и механизмы очагов их землетрясений. М.: Наука, 1984. 126 с.
3. **Важенин Б.П.** Принципы, методы и результаты палеосейсмогеологических исследований на Северо-Востоке России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. 205 с.
4. **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. М.: Недра, 1989. С. 240-255.
5. **Adams J.** Earthquake-dammen lake in New Zealand // Geology. 1981. Vol. 9. P. 215-219.
6. **Важенин Б.П.** Крупные скальные обвалы на северных берегах Охотского моря // Геология, география, биологическое разнообразие и ресурсы Северо-Востока России. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2011. С. 80-82.
7. **Smirnov V.N.** Paleoseismic dislocation of the Chersky seismic Belt // ICAM, Abstract. Magadan, 1994. P. 111.
8. **Смирнов В.Н.** Неотектоника и сейсмогеология эпицентральных зон сильных землетрясений Охотско-Колымского региона // Всесоюзная школа-семинар "Физические основы прогнозирования разрушения горных пород". Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1988. С. 28, 29.

Статья опубликована 14 декабря 2012 г.