

**Б.П. Важенин**

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

## **ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ НА ТЕРРИТОРИИ г. МАГАДАН: ФАКТЫ (ЧАСТЬ 1)**

*Уточнено строение и размещение многочисленных гравитационных и тектонических палеосейсмодислокаций в административных границах г. Магадан, что позволяет по-новому оценить уровень сейсмической опасности в городе и его окрестностях. Материалы статьи могут быть полезны при решении проблем безопасности техносферы от землетрясений.*

*Ключевые слова: гравитационные и тектонические палеосейсмодислокации, обвалы, оползни, сбросы расщелины, сейсмический пояс Черского.*

**B.P. Vazhenin**

## **PALEOSEISMIC DISLOCATIONS IN MAGADAN AREA: THE FACTS (PART 1)**

*Refined structures and distribution of numerous gravitational and tectonic paleoseismological within the administrative boundaries of town Magadan, which allows researchers to re-assess the seismicity danger level in Magadan and its vicinities. The material can be helpful in solving the problems of technosphere safety from earthquakes.*

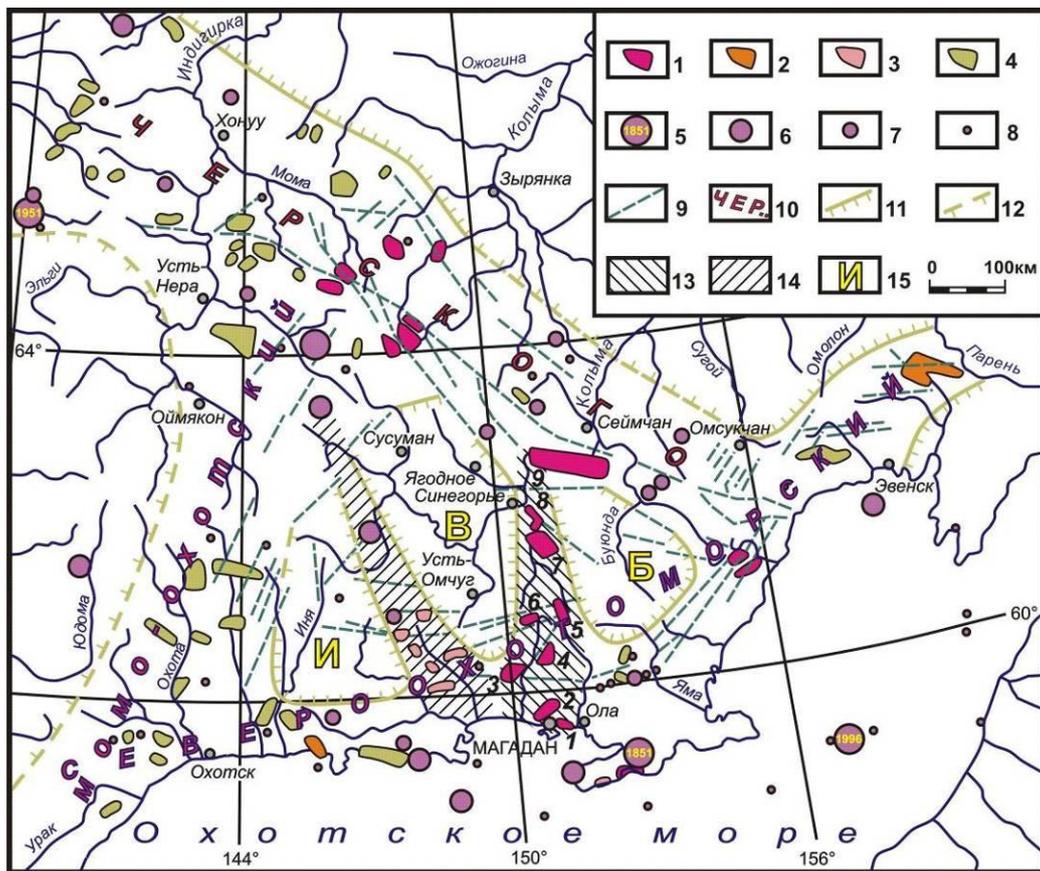
*Key words: gravitational and tectonic paleoseismic dislocations, rock fall, rockslide, fault, gap, Chersky seismic belt.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 16 июня 2014 г.

### **Введение**

Территория юго-восточной половины сейсмического пояса Черского, простирающегося от устья р. Лена до Охотского моря, подверглась многолетнему палеосейсмогеологическому изучению с использованием "тотальной палеосейсмогеологической методики с использованием спектрозональных стереокосмоснимков с разрешением в первые десятки метров [1, 2]. Всего выявлено несколько десятков комплексных роёв палеосейсмодислокаций, включающих тектонические, гравитационные и гравитационно-тектонические деформации горных пород и рельефа, интерпретируемых в качестве следов разрушительных землетрясений с магнитудой от 6-6,5 и выше (рис. 1). На следующих этапах наиболее значимые и транспортно доступные рои изучались в стереомодели по аэрофотоснимкам и полевыми методами.

В пределах административных границ г. Магадан площадью около 1 200 км<sup>2</sup> (на застроенную часть приходится только 50 км<sup>2</sup> или 4 %) выявлено и изучено два роя палеосейсмодислокаций: Дукча и Гертнера, представляющих собой аномально плотные и компактные скопления сейсмодиформаций на фоне обширных смежных участков, лишенных подобных образований.

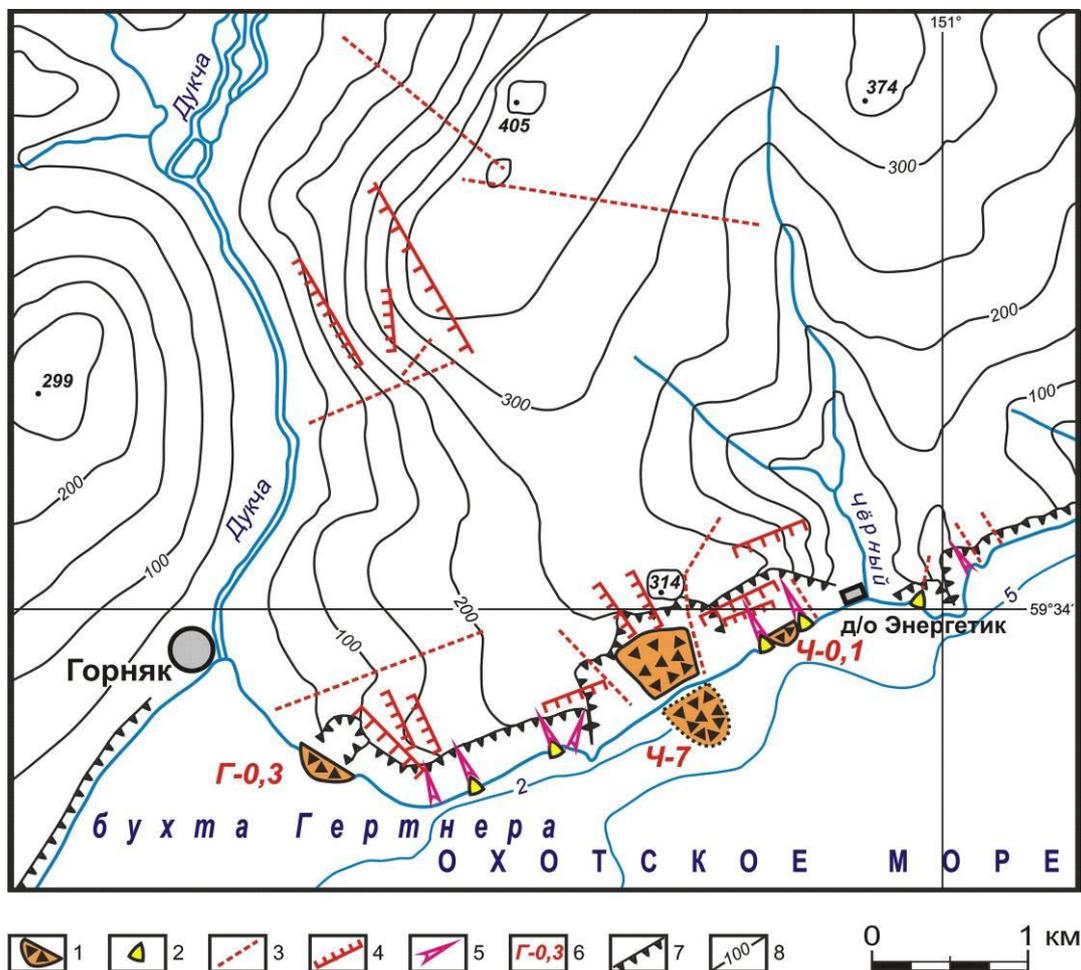


**Рис. 1.** Зоны голоценовых и современных землетрясений в юго-восточной половине сейсмического пояса Черского:

1-4 – рои палеосейсмодислокаций (с контурами в масштабе карты), в разной мере изученные: 1 – дистанционными и полевыми методами, 2 – дистанционно и аэровизуально, 3 – дистанционно с разрешением около 1 м, 4 – дистанционно с разрешением в первые десятки метров; 5-8 – эпицентры современных землетрясений энергетических классов: 5 – 15-го и более (с указанием даты), 6 – 14-го, 7 – 13-го, 8 – 12-го; 9 – крупные разломы, хорошо выраженные в рельефе, дешифрованные по мелкомасштабным космоснимкам; 10 – субпояса сейсмического пояса Черского, выделенные по сочетанию голоценовых разрушительных землетрясений, наиболее сильных ( $K \geq 12$ ) современных и систем крупных разломов; 11-12 – границы сейсмического пояса и субпоясов: 11 – более достоверные, 12 – менее достоверные; 13 – Арманско-Бахапчинская зона палеосейсмичности; 14 – Янская зона палеосейсмичности; 15 – слабосейсмичные “окна”: И – Инское, В – Верхнеколымское, Б – Буюндинское; 1-9 – рои палеосейсмодислокаций Арманско-Бахапчинской зоны: 1 – Гертнера, 2 – Дукча, 3 – Момолтыкис, 4 – Дёл-Урэкчэн, 5 – Хурэндя, 6 – Светлый, 7 – Бахапча, 8 – Умара, 9 – Колыма (большой частью, входящий в субпояс Черского)

Рой Гертнера (рис. 2) и ближайшие окрестности г. Магадан были дополнительно обследованы в последние годы с использованием космоснимков с разрешением около 1 м из интернет-сервисов Google Earth и SASplanet. Это позволило выявить и изучить, кроме известных ранее морских береговых обвалов Чёрный-7 роя Гертнера и обвала Восточный-0,3, ещё целую серию довольно крупных (объёмами свыше 100 тыс. м<sup>3</sup>) и мелких скальных обвалов,

блоковых оползней и связанных с ними пространственно тектонических деформаций свежего облика, вероятно, сейсмического происхождения. По длине берегового сбросового уступа (11 км) была определена магнитуда древнего землетрясения для роя Гертнера – 6,7, а вычисленная по площади роя (13 км<sup>2</sup>) магнитуда составила 6,4 [1].



**Рис. 2.** Рой Гертнера (или теперь Северогертнеровский суброй) в окрестностях г. Магадан:

- 1 – скальные глыбовые обвалы; 2 – обвально-осыпные конусы выноса;
- 3 – свежие выраженные в рельефе разломы без видимого смещения по ним;
- 4 – сбросовые уступы; 5 – расщелины; 6 – индексы обвалов, где числа означают их объёмы в млн м<sup>3</sup>, а буквы названия: Г – Горняк, Ч – Чёрный;
- 7 – бровки обрывистых склонов; 8 – изогипсы берегового и подводного рельефа

Известные и вновь выявленные дислокации, составляя в целом довольно компактный рой Магадан размером 30 × 17 км, группируются в виде серии пространственно несколько обособленных суброёв: 1) Северогертнеровский (бывший рой Гертнера); 2) Западнотарицкий; 3) Южнотарицкий; 4) Северонагаевский (рис. 3).



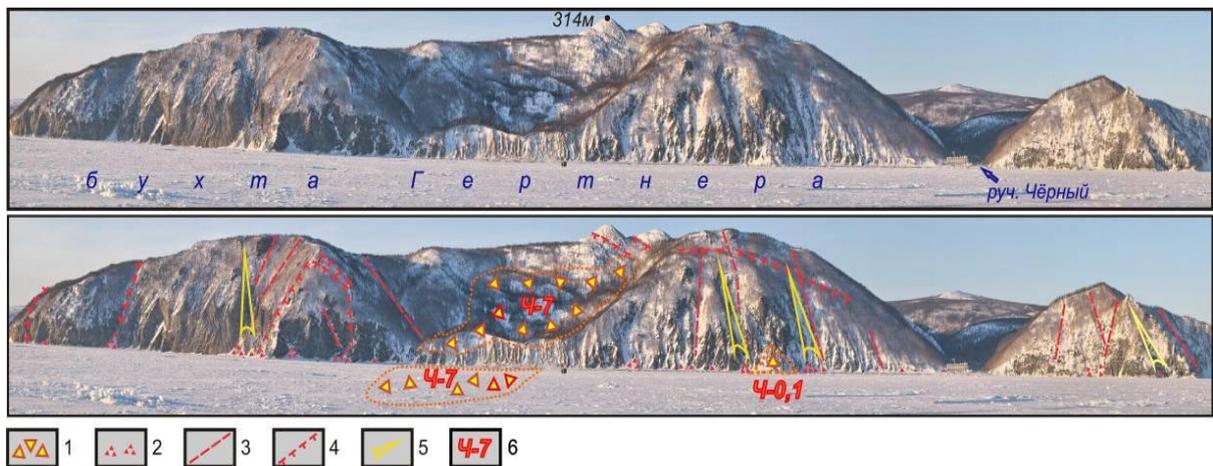
**Рис. 3.** Сейсмогенные формы рельефа в окрестностях г. Магадан:

1 – застроенная часть территории г. Магадан; 2 – скальные обвалы: *а* – крупные, объёмами более 100 тыс. м<sup>3</sup>, *б* – малые, объёмами менее 100 тыс. м<sup>3</sup>; 3 – блоковые оползни: *а* – объёмами свыше 100 тыс. м<sup>3</sup>, *б* – мелкие, объёмами менее 100 тыс. м<sup>3</sup>; 4 – Восточный клиф бухты Нагаева, сложенный слабо литифицированными отложениями нагаевской свиты миоцена, подверженный абразионной и обвальнополозневой деструкции; 5 – свежие сбросовые уступы разной протяженности; 6 – расщелины в скальных горных породах; 7 – разломы свежего облика.

Буквами В, Г, Н, П, С, Ч, ЮС в индексации дислокаций обозначены их названия: Восточный, Горняк, Нагаева, Портофлот, Светлый, Чёрный, Южностарицкий, соответственно, а цифрами – их объёмы в млн м<sup>3</sup>. Буквами СН, СТ, ЗС, ЮС обозначены суброи роя палеосейсмодислокаций Магадан: Северонагаевский, Северогертнеровский, Западностарицкий и Южностарицкий, соответственно

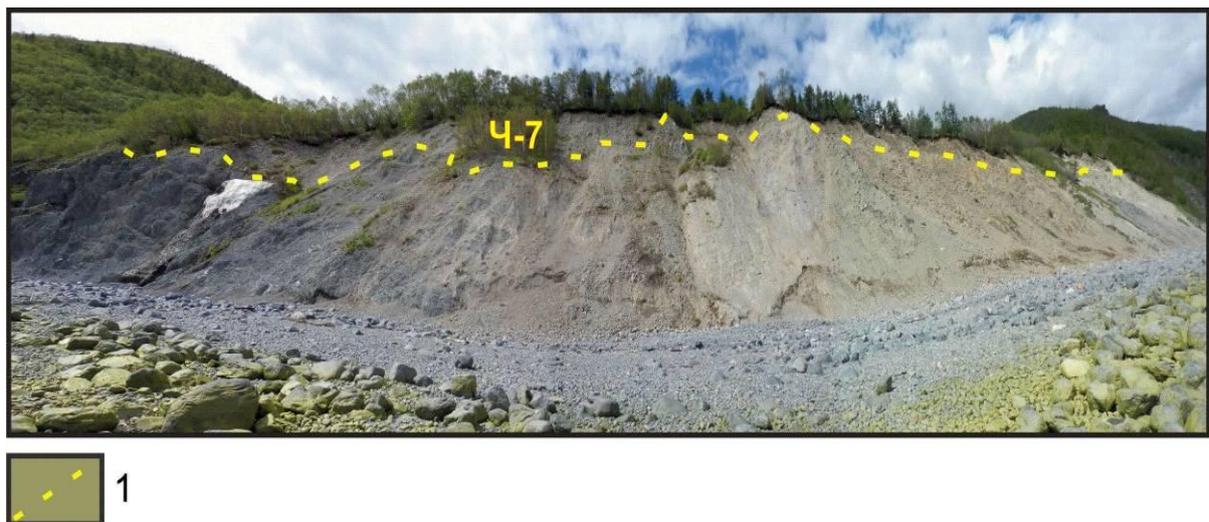
### Северогертнеровский суброй

Этот суброй (ранее – рой Гертнера [1]) содержит только одну крупную (объёмом свыше 1 млн м<sup>3</sup>) гравитационную дислокацию – плащевидный обвал-поток Чёрный-7, залегающий в нише, деформирующей береговой склон горы с абсолютной отметкой 314 м на северном побережье бух. Гертнера Охотского моря, а также множество трещин, сбросов и расщелин (рис. 4-6).



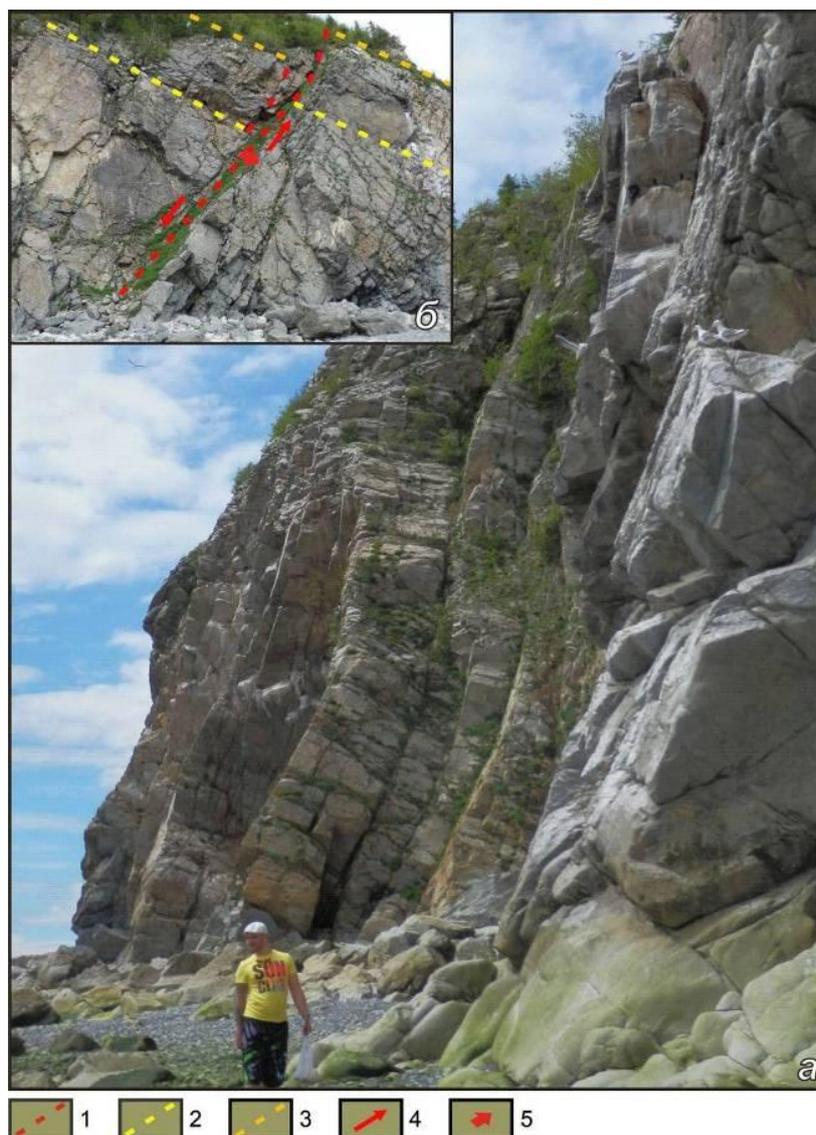
**Рис. 4.** Северный берег бух. Гертнера с тектоническими и гравитационными сейсмодиформациями:

- 1 – скальные глыбовые обвалы; 2 – обвальнo-осыпные конусы выноса;
- 3 – свежие, выраженные в рельефе, разломы без видимого смещения по ним;
- 4 – сбросовые уступы; 5 – расщелины; 6 – индексы обвалов, где числа означают их объёмы в млн м<sup>3</sup>, а буква Ч – название – Чёрный



**Рис. 5.** Как бы фронтальный уступ плащевидного обвала Чёрный-7, а на самом деле – его поперечный разрез клифом бух. Гертнера. Верхняя часть обвала (изображенная на снимке) лежит в нише отрыва, а нижняя – на дне бухты (за спиной фотографа).  
1 – граница между коренными скальными породами (меловые и юрские гранит-порфиры и вулканиты) и обвальным глыбовым плащом

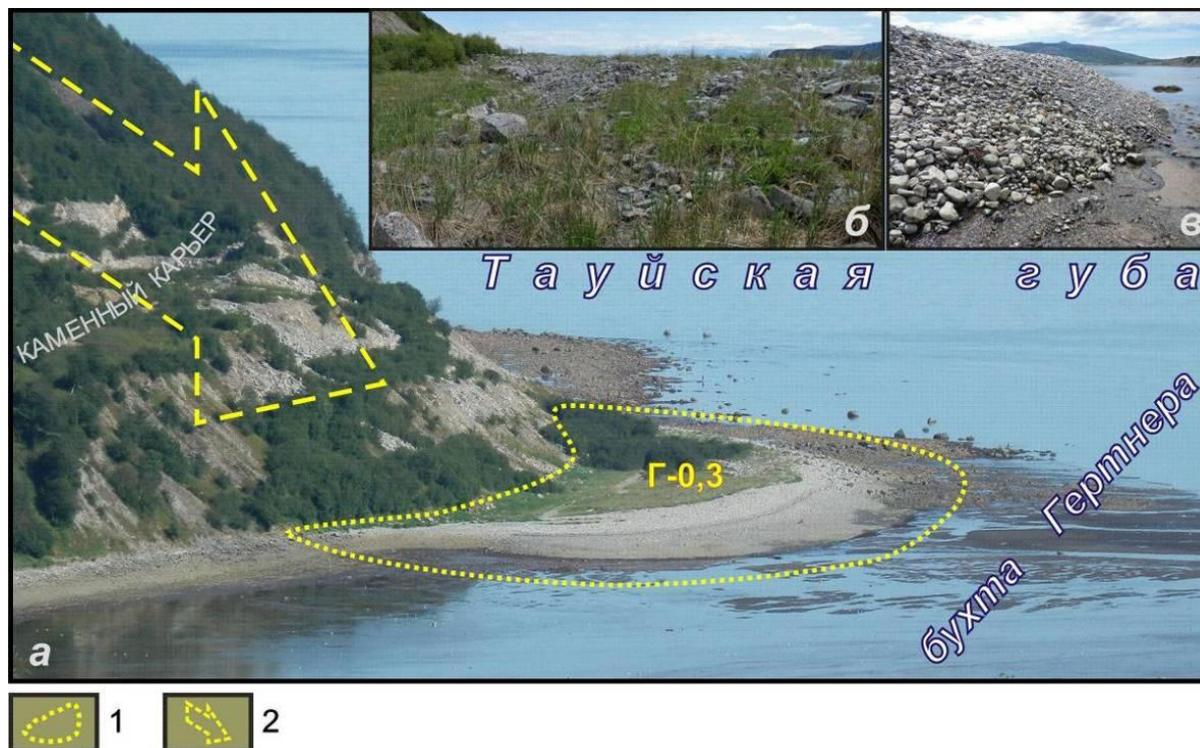
Суброй возник на скальных магматических и изверженных породах юрского и мелового возраста Магаданского батолита. Около половины первоначального объёма обвала Чёрный-7 уже размыто морем. Следы этого размыва угадываются в рельефе дна прилегающей акватории – по изгибу 5-метровой изобаты (рис. 2).



**Рис. 6.** Северный береговой уступ бух. Гертнера, сложенный вулканитами с вдольбереговыми (а) и поперечными (б) трещинами:  
 1 – сбрососдвиг; 2, 3 – маркирующие горизонты: 2 – структурно-геологический, 3 – рельеф дневной поверхности; 4 – субвертикальные направления движения блоков по сбросу; 5 – направление субгоризонтального сдвигового смещения

Менее крупный сегментный террасовидный обвал Горняк-0,3 (рис. 2, 7) залегает на бенче бухты Гертнера в 800 м к Ю-В от устья р. Дукча. Он расположен под склоном, на котором заложен каменный карьер предприятия "Магаданнеруд". Такое соседство с уничтоженной добычей щебня нишей отрыва наталкивало на предположение о техногенном генезисе этого аккумулятивного тела, сложенного остроугольными глыбами. Однако хорошая окатанность крупных обломков на всем протяжении фронтального уступа может свидетельствовать о древнем возрасте этого тела – не менее первых тысяч лет (рис. 7 в). Она создана за это время волноприбойной деятельностью моря и ледовым торшением. Вероятно, существовавшая на нижней части смещающего склона,

тыльная часть обвала, а также стенка срыва к настоящему времени переработаны в щебень, поскольку для дробления обвальных глыб горному предприятию требовалось тратить меньше энергии, чем при добыче из коренного целикового склона.

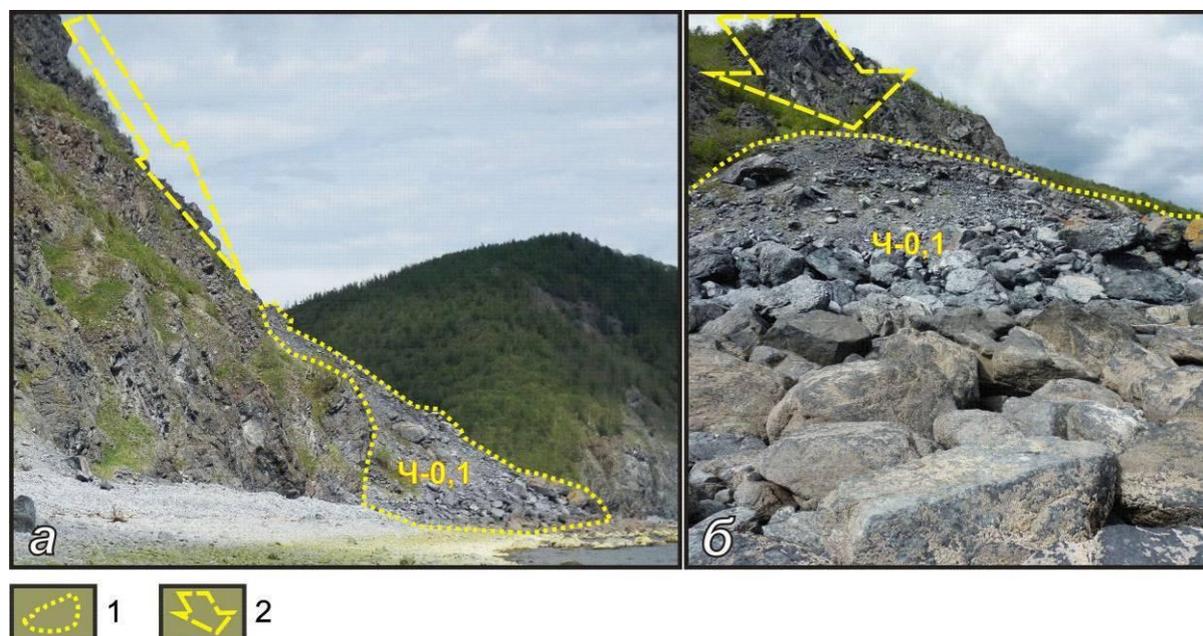


**Рис. 7.** Террасовидный сегментный обвал Горняк 0,3

По форме он близок к "идеальному обвалу", что заметно на рис. 6 а, где поверхность его тыльной грани имеет контруклон относительно смещающего склона, а дугообразный фронтальный уступ довольно крут, несмотря на его существенную переработку морем. Тыльная грань сложена с поверхности остроугольными и трещиноватыми глыбами (б), а фронтальный уступ – хорошо окатанными валунами (в). Отмель, прилегающая к обвалу сложена обломочным материалом, смещенным из фронтального уступа ледовым разносом.  
1 – контур обвала; 2 – направления смещения обвальной массы

"Идеальный обвал" [1] формируется при одновременном обрушении компактной массы горных пород с большой высоты на субгоризонтальный субстрат. Продольный по падению масс профиль идеального обвала имеет вид тупоугольного треугольника, обращенного тупым углом вверх, а наименьшим – в сторону смещающего склона. Такая форма обусловлена "стремлением" всех частей обрушивающейся массы отскочить от субстрата под углом, равным углу падения смещающего склона. При этом крутизна тыльной грани обвала приближается к величине угла падения склона, но не достигает ее, так как часть энергии тратится на трение и дробление, а также потому, что это происходит в поле силы тяжести. Идеальный обвал обладает контруклоном слегка вогнутой тыльной грани и серповидной или сегментной в плане формой. А сегментная или серповидная в плане форма образуется за счет разлета отскакивающих обломков в горизонтальной плоскости в виде веера.

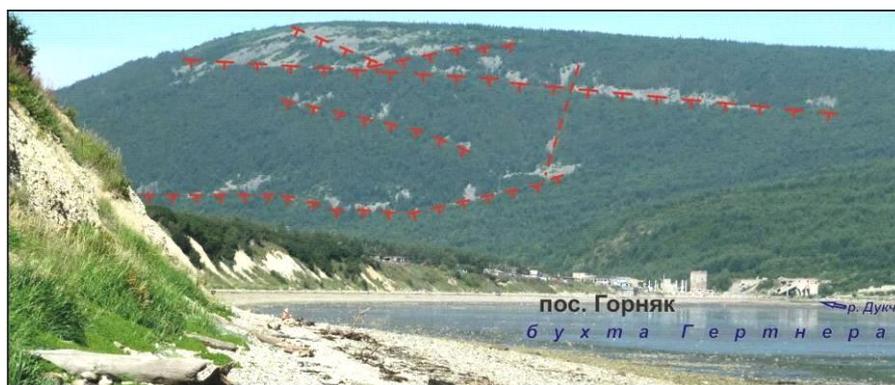
Ещё один сравнительно крупный обвал Чёрный-0,1 (рис. 8), близкий по форме к обвально-осыпному конусу выноса, казалось бы, более молод, по сравнению с другими дислокациями суброя. Однако глыбы его фронтального уступа уже существенно окатаны прибоем и ледовым торошением (рис. 8 б).



**Рис. 8.** Обвал Чёрный-0,1 на северном берегу бух. Гертнера. Вид сбоку (а) и от фронтального уступа (б). 1 – контур обвала; 2 – направление обрушения. На снимке б хорошо выражена высокая степень окатанности крупных валунов на фронтальном уступе

Остальные гравитационные дислокации, составляющие суброй, – мелкие, имеют вид обвально-осыпных конусов выноса, формирующихся на "живых" коротких трещинах и расщелинах, пересекающих обрывистый береговой уступ (рис. 2, 4).

Серия более длинных разломов свежего облика длиной до 1 км и более расположена на удалении около 2,5 км от береговой группы дислокаций (рис. 2, 9). Они пересекают левый борт приустьевого участка долины р. Дукча и прилегающий плакор. Эта серия разломов, по-видимому, составляет единый комплекс с береговыми деформациями. Она если и не возникла с ними синхронно, то, вероятно, была подновлена при сильном землетрясении, породившем береговые дислокации. Отсутствие прямой связи двух групп деформаций в пределах суброя можно объяснить тем, что разрыв между ними приходится на выположенные водораздельные участки с низким там обвальным потенциалом и с существенной маскировкой почвенно-растительным покровом.



**Рис. 9.** Хорошо выраженные в рельефе сбросовые уступы на левом борту приустьевое участка долины р. Дукча

Тесно пространственно связанные с гравитационными тектонические деформации коренных горных пород свежего облика имеют вид сбросов, расщелин и трещин без видимого смещения и группируются в полосе вдольберегового уступа. Они ориентированы как вдоль него, так и поперек (рис. 2, 4, 6).

Разлом, определивший типично тектоногенный облик обрывистого северного берега бух. Гертнера, "целит" через перешеек п-ова Старицкого и южную окраину г. Магадан в сторону почти соосно ориентированного южного берега бух. Нагаева (рис. 10). Однако подобных дислокаций, даже типа обвально-осыпных конусов выноса, при наличии почти достаточного обвального потенциала там ранее не обнаруживалось. При более тщательном изучении п-ова Старицкого с использованием новых космоснимков интернет-сервиса Google Earth гравитационные и тектонические дислокации найдены на северных его склонах и далее в пределах Западностарицкого суброя.

Причем, на п-ове Старицкого серия сбросовых уступов имеет обратное падение (к северу-северо-западу), по отношению к сбросу северного берега бух. Гертнера, с азимутом падения к югу-юго-востоку при совпадении восточно-северо-восточного простирания. В молодых склоновых и морских отложениях постмезозойского возраста эта линия не прослеживается. Из этого можно сделать вывод о мезозойском заложении разлома и об умеренных или слабых по амплитуде сейсмогенных или сейсмогенерирующих подвижках по нему при формировании голоценовых палеосейсмодислокаций, сохраняющихся поныне. А ещё, возможно, смещение южного блока по этому разлому происходило с вращением относительно шарнира в вершине бух Гертнера: на востоке вниз, а на западе – вверх.

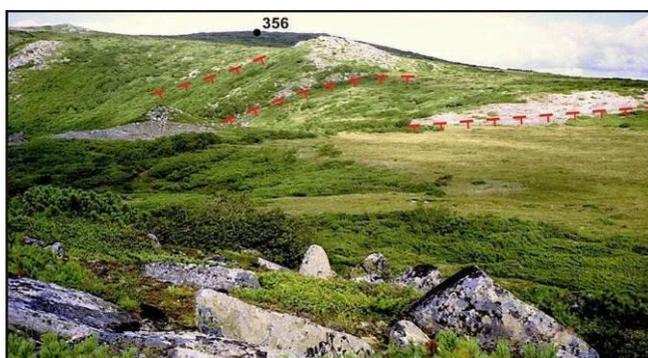


**Рис. 10.** Средняя часть п-ова Старицкого:

- 1 – контуры скальных обвалов; 2 – свежие выраженные в рельефе разломы без видимого смещения по ним; 3 – сбросовые уступы; 4 – расщелины; 5 – предполагаемая линия, соединяющая дислокации Северогертнеровского и Западностарицкого суброёв. Буквами Ч, Г, ЮС, Чш, С в индексации дислокаций обозначены их названия – Чёрный, Горняк, Южностарицкий, Чаша и Светлый, соответственно, а цифрами – их объёмы в млн м<sup>3</sup>

### Западностарицкий суброй

Суброй располагается преимущественно в западной части п-ова Старицкого от мыса Чирикова до г. Марчеканская Сопка (рис. 3). Здесь ранее было обнаружено только три малых обвала: два на северном берегу и один на южном. На фоне существенно сглаженного рельефа плакоров особо выделяются резкостью сбросовые уступы (рис. 11).



**Рис. 11.** Субмеридиональные сбросовые уступы, рассекающие уплощенный водораздел в западной части п-ова Старицкого вблизи берега бух. Светлая (рис. 3)

*Продолжение – в 5-м выпуске 2014 г. интернет-журнала - "Палеосейсмодислокации на территории г. Магадан: факты и интерпретация (часть 2)".*

## Литература

1. **Важенин Б.П.** Принципы, методы и результаты палеосейсмогеологических исследований на Северо-Востоке России. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. 205 с.
2. **Важенин Б.П.** Уточнение параметров Ямского землетрясения 1851 г. в Северном Приохотье с использованием палеосейсмогеологической методики // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. Вып. № 5 (45). 2012. 10 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
3. **Лебединцев А.И.** Древние приморские культуры Северо-Западного Приохотья. Л.: Наука, 1990. 260 с.
5. **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.
6. **Adams J.** Earthquake-dammen lake in New Zealand // Geology, 1981. Vol. 9. P. 215-219.
7. **Андродов В.А.** Зоны землетрясений. (Природа мира). М.: Мысль, 2000. 461 с.
8. **Важенин Б.П.** Морфодинамика берегов бухты Нагаева (Охотское море) // Геоморфология, 2012. № 4. С. 45-53.