

## ГОЛОЦЕНОВЫЕ РАЗЛОМЫ (ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ ПАЛЕОСЕЙСМОДИСЛОКАЦИИ) И ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КОРЯКСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА, СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ

© 2000 г. В. Л. Леонов

*Институт вулканологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006*

Поступила в редакцию 19.11.97 г.

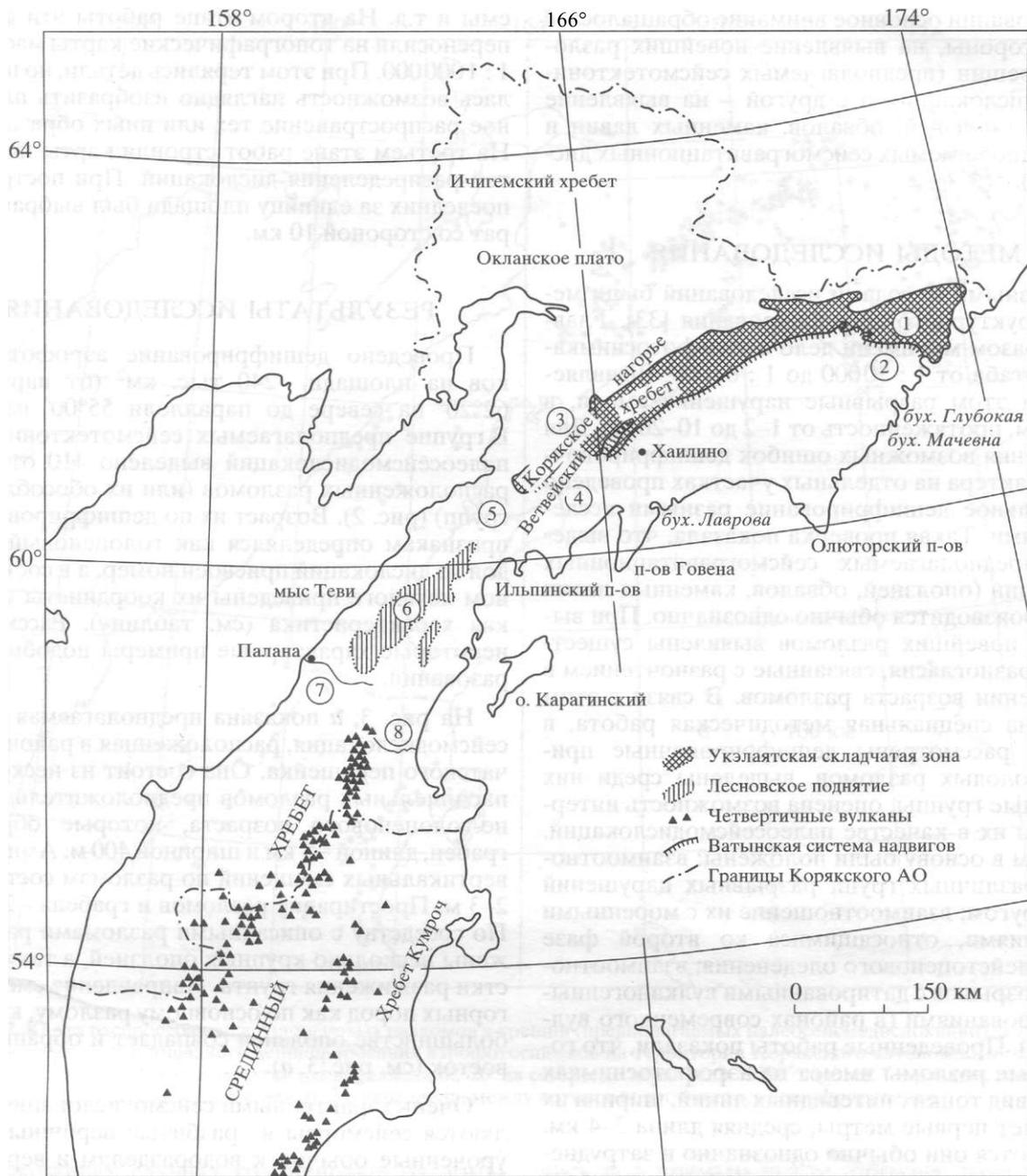
На территории Корякского автономного округа (КАО), охватывающего северную часть п-ова Камчатка и южную часть Корякского нагорья, на площади -240 тыс. км<sup>2</sup> проведено площадное дешифрирование аэрофотоснимков и выделены молодые (голоценовые) разломы, трещины и их сочетания - предполагаемые палеосейсмодислокации (или следы древних сильных,  $M > 6.5$ , землетрясений). Всего выделено 410 подобных форм. Составлены карты их распространения и плотности, проведен анализ изменчивости их простираний. Выделены также предполагаемые сейсмогравитационные образования, развитые на данной территории, - оползни, обвалы, участки разжижения грунта. Рассмотрены проблемы, связанные с оценкой сейсмической опасности территории КАО, выделены районы, различающиеся по своему строению, по количеству и преобладающему простиранию палеосейсмодислокаций. Показано, что распространение последних в целом согласуется с расположением основных структурных зон данной территории.

Территория Корякского автономного округа (КАО) охватывает северную часть п-ова Камчатка и южную часть Корякского нагорья (рис. 1). Из-за слабой сейсмичности, зафиксированной здесь в период инструментальных наблюдений, территория до недавнего времени относилась в основном к зоне 5-6-балльных колебаний [28,29]. Однако в марте 1991 г. здесь произошло Хаилинское землетрясение с  $M = 7$ , при этом сотрясения в эпицентральной зоне были 8-балльные [12, 16]. Это послужило поводом для проведения работ по уточнению карты общего сейсмического районирования территории КАО. Такие работы проведены в 1992-1995 гг. [4—6,9]. Ввиду малого количества зафиксированных землетрясений большие надежды возлагались на палеосейсмогеологический метод, т.е. на установление параметров сильных землетрясений прошлого по следам, оставленным этими землетрясениями в виде сейсмодислокаций [31, 32]. За рубежом такие следы землетрясений иногда называют "сейсмическими шрамами" [21] или "сейсмайтами" [43]. В последние годы под термином "сейсмодислокация" понимается обычно разрывное нарушение тектонической природы, выраженное в рельефе линейными формами - уступами, системами узких протяженных западин и т.д. [26, 36].

Согласно А.А. Никонову [27], применение палеосейсмогеологического метода на практике часто сталкивается с серьезными ограничениями и

трудностями: невозможно выявить и определить параметры землетрясений с  $M < 6...6.5$ ; не все сильные землетрясения ( $M > 6.5$ ) порождают дислокации на поверхности и часть последних может не сохраниться; не определяется, как правило, глубина гипоцентров коровых землетрясений, а промежуточные и глубокофокусные землетрясения вообще не поддаются выявлению. Т. Мацуда [21] отмечал, что, например, на Японских островах только при -40% сильных землетрясений ( $M \geq 6.5$ ) возникавшие разрывы выходили на земную поверхность, а в 60% никаких сейсмических разрывов на поверхности не было найдено. Тем не менее, если брать только мелкофокусную сейсмичность, то для Японии показано, что разломы или деформации горных пород, связанные с землетрясениями, образуются при всех без исключения сильных землетрясениях [24]. При этом сделан вывод, что распределение активных разломов - важный опорный материал, показывающий зоны сейсмических движений в земной коре. Более того, в работе [44] показано, что в целом уровень внутриплитной сейсмичности в Японии обнаруживает положительную корреляцию с концентрацией четвертичных разломов. При этом данные о фокальном механизме землетрясений совпадают с характером смещений по поверхностным разрывам, возникшим при крупных внутриплитных землетрясениях, а полное смещение, задокументированное по четвертичным разломам, является суммарным от множества землетрясений, проис-

## ГОЛОЦЕНОВЫЕ РАЗЛОМЫ



**Рис. 1.** Схема расположения Корякского автономного округа и упомянутых в тексте структурных и орографических элементов. Цифры в кружках: 1-3 - хребты Укэляят, Снеговой и Уннэй-Тунуп соответственно; 4 - горы Хетапхаен; 5 - Камчатский перешеек; 6 - Лесновское поднятие; 7 - река Палана; 8 - река Хайлюля.

ходящих на этих разломах в четвертичное время. Наглядным примером, подтверждающим описанные выше представления, являются события, наблюдавшиеся в 1996 г. в районе Карымского вулкана на Камчатке. После серии сильных землетрясений ( $M = 6.1...6.9$ ), произошедших здесь 1-2 января 1996 г., на поверхности в меридиональной зоне длиной 2.5-3 км возникло несколько разрывов, свидетельствующих об активизации

одного из участков старого меридионального разлома [17].

Принимая во внимание эти данные, было принято решение провести площадное дешифрирование аэрофотоснимков на всю территорию Корякского автономного округа, выявить предполагаемые сейсмогенные структуры - следы прошлых землетрясений, рассмотреть их распространение и на этой основе провести оценку сейсмической опасности данной территории. При де-

шифрировании основное внимание обращалось, с одной стороны, на выявление новейших разломов и трещин (предполагаемых сеймотектонических дислокаций), а с другой - на выявление крупных оползней, обвалов, каменных лавин и т.д. (предполагаемых сейсмогравитационных дислокаций).

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными методами исследований были методы структурного дешифрирования [33]. Главным образом мы имели дело с аэрофотоснимками масштаба от 1 : 30000 до 1 : 65000. Выявляемые при этом разрывные нарушения имели, в основном, протяженность от 1-2 до 10-20 км. Для исключения возможных ошибок дешифровочного характера на отдельных участках проведено параллельное дешифрирование разными исследователями. Такая проверка показала, что выделение предполагаемых сейсмогравитационных дислокаций (оползней, обвалов, каменных лавин и т.д.) производится обычно однозначно. При выделении новейших разломов выявлены существенные разногласия, связанные с различием в определении возраста разломов. В связи с этим проведена специальная методическая работа, в которой рассмотрены дешифровочные признаки молодых разломов, выделены среди них возрастные группы, оценена возможность интерпретации их в качестве палеосейсмодислокаций. При этом в основу были положены: взаимоотношение различных групп разрывных нарушений друг с другом; взаимоотношение их с моренными отложениями, относящимися ко второй фазе верхнеплейстоценового оледенения; взаимоотношение разрывов с датированными вулканогенными образованиями (в районах современного вулканизма). Проведенные работы показали, что голоценовые разломы имеют на аэрофотоснимках обычно вид тонких нитевидных линий, ширина их составляет первые метры, средняя длина 3-4 км. Выделяются они обычно однозначно и затруднения связаны лишь с определением того, являются ли они одноактным образованием или сформированы в результате нескольких подвижек. Неоднократность подвижек в отдельных случаях обнаруживалась на основе выявления разновозрастных оползней, обвалов или участков разжижения грунта, соседствующих с разломами. В большинстве случаев выявленные разломы рассматривались как одноактное образование, сформированное в результате одного крупного землетрясения.

Результаты дешифрирования выносили на топографические карты масштаба 1 : 100000, на которых достаточно детально можно было показать особенности строения зон разрывов или оползневых и обвальных тел, измерить их характеристики, посчитать площади и вероятные объ-

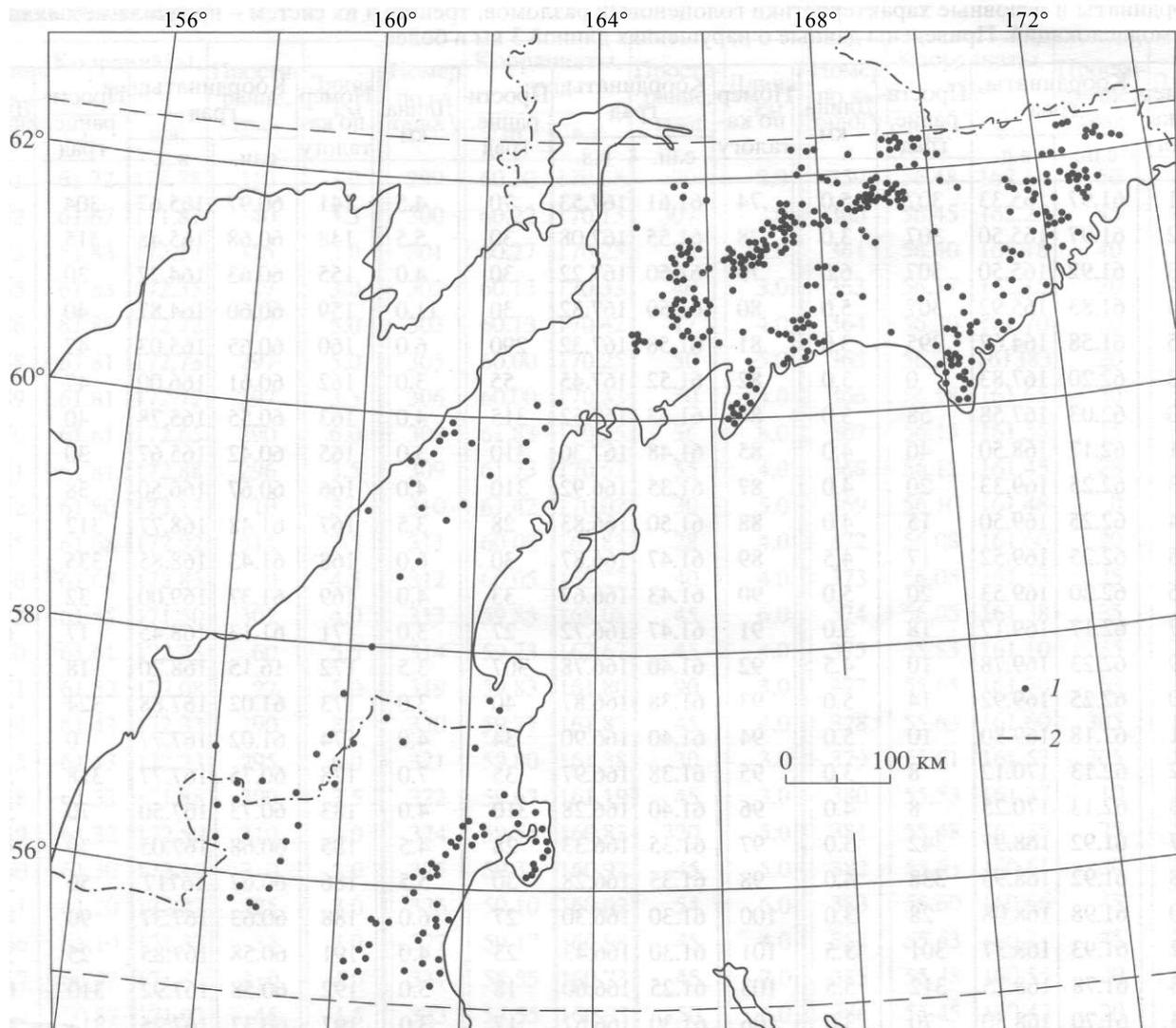
емы и т.д. На втором этапе работы эти данные переносили на топографические карты масштаба 1 : 1000000. При этом терялись детали, но появлялась возможность наглядно изобразить площадное распространение тех или иных образований. На третьем этапе работ строили карты плотностей распределения дислокаций. При построении последних за единицу площади был выбран квадрат со стороной 10 км.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведено дешифрирование аэрофотоснимков на площади ~240 тыс. км<sup>2</sup> (от параллели 62°20' на севере до параллели 55°00' на юге). В группе предполагаемых сеймотектонических палеосейсмодислокаций выделено 410 отдельно расположенных разломов (или их обособленных групп) (рис. 2). Возраст их по дешифровочным признакам определялся как голоценовый. Каждой из дислокаций присвоен номер, а в составленном каталоге приведены их координаты и краткая характеристика (см. таблицу). Рассмотрим некоторые характерные примеры подобных образований.

На рис. 3, *a* показана предполагаемая палеосейсмодислокация, расположенная в районе Камчатского перешейка. Она состоит из нескольких параллельных разломов предположительно ранне-голоценового возраста, которые образуют грабен, длиной ~3 км и шириной 400 м. Амплитуда вертикальных смещений по разломам составляет 2-3 м. Простирается разломов и грабена ~25° СВ. По соседству с описанными разломами расположены несколько крупных оползней, а также участки разжижения грунта. Направление смещения горных пород как по основному разлому, так и на большинстве оползней совпадает и обращено на восток (см. рис. 3, *a*).

Очень характерными сейсмодислокациями являются сейсморвы и "разбитые вершины", приуроченные обычно к водоразделам и вершинам хребтов [15]. Такие сейсмодислокации образовывались при многих крупных современных землетрясениях: Хаитском [19], Гоби-Алтайском [7], в Восточной Сибири [10], в Калифорнии [42] и т.д. Считается, что такие формы возникают в эпицентральных зонах при сотрясениях в 10-11 баллов [15]. На изученной территории они встречены неоднократно. Вблизи озера Хай-Гытхын разломами разбиты как вершина, так и склоны хребта, расположенного восточнее озера (см. рис. 3, *b*). Амплитуда вертикальных смещений по разломам в привершинной части достигает 40-50 м. Общее обрушение составляет, по-видимому, не менее 100 м, чем эта структура напоминает структуру Битут, возникшую при Гоби-Алтайском землетрясении 4 декабря 1957 г. [7, 10].



**Рис. 2.** Карта распространения голоценовых разломов и трещин (предполагаемых палеосейсмодислокаций), выявленных в результате площадного дешифрирования аэрофотоснимков на территории Корякского автономного округа и в прилегающих районах Камчатки (от параллели 62°20' на севере, до параллели 55°00' на юге); 1 - разлом, нанесен в виде точки, обозначающей его центр; 2 - параллели, между которыми проводилось дешифрирование.

В некоторых случаях голоценовые разломы образуют густую сеть, когда на сравнительно небольшой площади (20-25 км<sup>2</sup>) выявляются десятки разломов, часто пересекающихся, при этом многие хребты на этих участках представляют собой "разбитые вершины". Такие дислокации могли быть сформированы при одном землетрясении, как, например, при землетрясении Ландерс в Калифорнии [39], когда деформации были связаны не с одним разломом, а с широкой сколовой зоной. В то же время они могут быть и следствием нескольких событий. Такие участки требуют более детального изучения, проведения наземных полевых работ.

Выявлены также участки, на которых множество голоценовых трещин и разломов пересека-

лись под прямым углом, образуя своеобразную решетку, сходную с той, что описана как планетарная трещиноватость [38]. Остается неясным - можно ли рассматривать такие участки как следы крупных землетрясений прошлого и образовались ли они в результате одного или нескольких землетрясений. Для таких выводов также необходимы дальнейшие исследования.

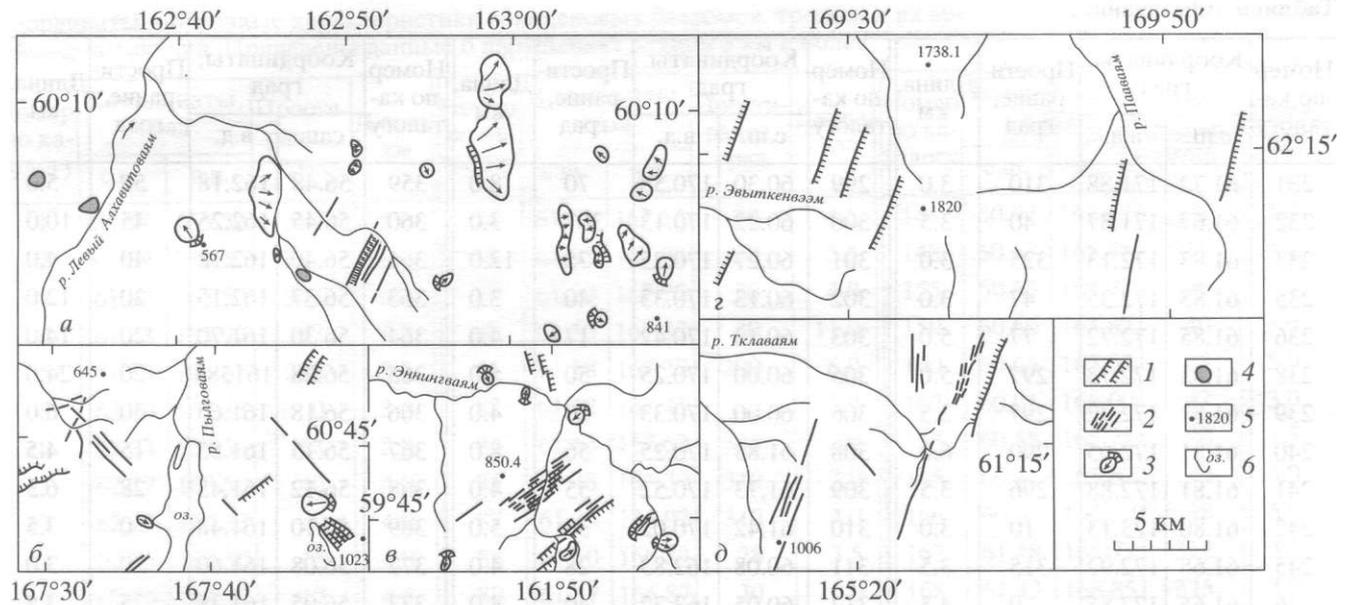
В целом надо отметить, что подавляющая часть выделенных предполагаемых палеосейсмодислокаций выделена впервые и не изучена детально. Нельзя исключить возможных ошибок в отнесении тех или иных разломов к палеосейсмодислокациям. Все это заставляет рассматривать приведенные в каталоге и на рис. 2 структуры лишь как предполагаемые следы палеоземлетря-

Координаты и основные характеристики голоценовых разломов, трещин и их систем - предполагаемых палеосейсмодислокаций. Приведены данные о нарушениях длиной 3 км и более

Номер по каталогу	Координаты, град		Прости- рание, град	Длина, км	Номер по каталогу	Координаты, град		Прости- рание, град	Длина, км	Номер по каталогу	Координаты, град		Прости- рание, град	Длина, км
	с.ш.	в.д.				с.ш.	в.д.				с.ш.	в.д.		
1	61.97	165.33	307	5.0	74	61.61	167.53	70	4.5	141	60.97	165.67	304	4.0
2	61.97	165.50	307	3.0	78	61.55	167.08	30	5.5	148	60.68	165.48	315	3.0
3	61.92	165.50	307	6.0	79	61.50	167.22	30	4.0	155	60.63	164.77	30	4.0
4	61.83	165.92	307	5.0	80	61.50	167.32	30	11.0	159	60.60	164.87	40	3.0
5	61.58	164.67	295	3.0	81	61.58	167.32	290	6.0	160	60.65	165.03	47	5.0
8	62.20	167.83	0	3.0	82	61.52	167.45	55	3.0	162	60.61	166.00	47	3.0
10	62.03	167.58	58	5.0	84	61.53	167.52	315	4.0	163	60.55	165.78	40	3.5
11	62.17	168.50	40	4.0	85	61.48	167.30	310	3.0	165	60.42	165.67	30	3.0
13	62.25	169.33	20	4.0	87	61.35	166.92	310	4.0	166	60.67	166.50	38	5.0
14	62.25	169.50	15	4.0	88	61.50	166.83	28	3.5	167	61.48	168.77	312	3.0
15	62.25	169.52	17	4.5	89	61.47	166.87	30	6.0	168	61.43	168.85	335	3.0
16	62.20	169.53	20	5.0	90	61.43	166.67	33	4.0	169	61.37	169.00	32	9.0
17	62.17	169.17	18	3.0	91	61.47	166.72	27	3.0	171	61.13	168.45	17	6.0
19	62.23	169.78	10	4.5	92	61.40	166.78	307	3.5	172	16.15	168.20	18	3.0
20	62.25	169.92	14	5.0	93	61.38	166.87	40	3.0	173	61.02	167.88	324	4.0
21	62.18	169.80	10	5.0	94	61.40	166.90	34	4.0	174	61.02	167.77	0	5.5
22	62.13	170.12	8	3.0	95	61.38	166.97	35	7.0	178	60.75	167.77	318	5.5
23	62.13	170.25	8	4.0	96	61.40	166.28	310	4.0	183	60.73	167.50	70	5.0
27	61.92	168.97	342	3.0	97	61.35	166.33	28	4.5	185	60.68	167.05	30	4.0
28	61.92	168.95	338	4.0	98	61.35	166.28	30	5.5	186	60.67	167.17	50	3.0
30	61.98	168.08	28	3.0	100	61.30	166.30	27	6.0	188	60.63	167.37	90	4.0
32	61.93	168.37	301	3.5	101	61.30	166.43	23	4.0	191	60.58	167.85	25	3.5
33	61.78	168.25	312	5.5	103	61.25	166.60	18	5.0	192	60.58	167.92	310	6.0
34	61.70	168.50	70	3.0	106	61.30	166.67	17	3.0	197	60.37	167.25	313	4.0
36	61.71	168.63	78	4.5	108	61.30	166.72	12	4.0	198	60.42	166.60	90	3.0
37	61.75	168.78	300	4.0	109	61.30	166.83	18	4.0	201	60.20	166.65	40	4.0
38	61.75	168.85	300	3.0	110	61.30	166.92	26	3.0	203	60.13	166.55	40	9.5
42	61.72	168.92	287	4.0	112	61.27	166.92	20	4.0	204	60.10	166.63	40	3.0
44	61.75	169.08	35	3.5	113	61.15	166.58	35	7.0	205	60.08	166.43	90	6.0
47	61.83	169.37	308	5.0	116	61.37	165.42	26	3.0	206	60.03	166.33	340	3.0
50	61.80	169.50	308	6.0	117	61.38	165.53	297	7.0	210	59.98	166.38	53	5.5
51	61.80	169.48	308	5.5	118	61.38	165.63	17	6.0	211	59.90	166.33	64	7.0
52	61.80	169.47	308	4.5	121	61.28	165.40	0	3.0	215	62.17	173.05	297	3.5
53	61.85	169.72	90	3.0	122	61.27	165.47	18	6.0	216	62.17	173.13	297	3.0
56	61.77	167.27	315	4.0	123	61.20	165.25	18	13.0	217	62.16	173.05	62	3.0
59	61.77	167.23	0	3.0	126	61.15	165.45	0	3.0	219	62.12	173.23	69	4.0
64	61.57	168.00	300	4.0	127	61.25	165.81	18	5.2	222	62.02	177.22	302	3.0
68	61.65	167.33	30	3.0	130	61.07	165.61	47	4.5	224	62.03	172.50	288	3.5
69	61.63	167.30	70	4.0	131	61.03	165.05	305	3.0	225	61.83	171.35	50	4.5
70	61.61	167.25	30	4.0	132	60.95	165.28	18	8.0	226	61.83	171.42	303	3.0
71	61.60	167.20	80	4.0	133	60.95	165.30	90	7.0	227	61.80	171.83	75	7.0
72	61.63	167.45	25	3.0	138	60.90	165.28	20	3.0	230	61.70	171.88	307	5.0

Таблица (Окончание)

Номер по каталогу	Координаты, град		Простирание, град	Длина, км	Номер по каталогу	Координаты, град		Простирание, град	Длина, км	Номер по каталогу	Координаты, град		Простирание, град	Длина, км
	с.ш.	в.д.				с.ш.	в.д.				с.ш.	в.д.		
231	61.72	171.88	310	3.0	299	60.30	170.58	70	8.0	359	56.48	162.18	50	5.0
232	61.67	171.87	40	3.5	300	60.22	170.13	307	3.0	360	56.45	162.25	45	10.0
233	61.83	172.13	325	3.0	301	60.27	170.25	75	12.0	361	56.40	162.18	40	4.0
235	61.83	172.35	47	3.0	302	60.13	170.33	40	3.0	363	56.37	162.15	20	12.0
236	61.85	172.72	77	5.0	303	60.13	170.42	17	4.0	364	56.30	161.70	20	14.0
238	61.81	172.73	297	5.0	305	60.00	170.25	50	5.0	365	56.28	161.383	20	24.0
239	61.81	172.72	297	3.5	306	60.00	170.33	30	4.0	366	56.18	161.65	30	6.0
240	61.81	172.65	290	6.0	308	61.83	170.25	56	8.0	367	56.15	161.55	15	4.5
241	61.81	172.88	296	3.5	309	61.73	170.52	55	4.0	368	56.12	161.45	28	6.5
242	61.80	173.13	10	3.0	310	61.42	170.02	30	5.0	369	56.10	161.48	0	3.5
245	61.68	172.92	315	3.5	311	60.08	162.83	28	4.0	372	56.08	161.60	20	3.0
246	61.65	172.85	0	4.5	312	60.05	163.22	40	4.0	373	56.05	161.38	25	3.5
248	61.55	171.50	302	4.0	313	59.85	168.08	45	6.0	374	56.05	161.38	25	3.5
250	61.61	172.23	60	5.5	314	59.73	162.67	45	4.0	375	55.83	161.10	35	26.0
251	61.52	172.08	27	5.0	319	59.83	161.80	90	3.0	377	55.65	161.70	63	4.5
254	61.43	172.33	290	8.0	320	59.77	161.83	45	4.0	378	55.63	161.60	305	10.0
255	61.43	172.23	295	6.0	321	59.80	161.38	30	3.0	379	55.61	161.53	305	15.0
258	61.33	171.88	300	3.5	322	59.63	161.19	45	3.0	380	55.53	161.37	10	3.0
259	61.32	172.50	310	3.0	324	59.55	160.83	320	5.0	381	55.48	161.35	25	5.0
260	61.30	172.10	310	5.0	325	59.35	160.92	45	5.0	382	55.63	160.61	30	5.0
261	61.20	172.27	325	3.0	326	59.10	160.02	54	6.0	383	55.60	160.66	45	6.0
266	61.10	171.33	33	3.0	327	59.17	160.98	45	4.0	384	55.63	160.81	45	20.0
267	60.97	171.37	310	4.0	331	58.55	160.73	45	7.0	385	55.48	160.55	20	10.0
269	60.87	171.97	45	4.5	333	57.55	160.03	50	6.0	386	55.45	160.42	20	3.0
271	60.83	171.17	45	4.5	334	57.40	160.81	45	5.0	387	55.35	160.50	25	12.0
274	60.83	170.42	310	4.0	338	57.03	157.93	40	10.0	388	55.25	160.25	60	25.0
276	60.61	169.20	65	6.0	340	56.78	158.85	305	3.0	389	55.25	160.43	30	15.0
277	60.47	169.92	47	3.0	341	56.73	159.27	90	3.0	390	55.17	160.33	65	20.0
278	60.60	170.10	297	3.0	342	57.12	159.50	315	3.0	392	55.30	161.37	0	3.0
279	60.57	170.25	80	6.5	343	57.18	159.78	45	20.0	393	55.28	161.61	20	8.5
280	60.53	170.38	90	3.0	344	57.13	160.02	45	14.0	394	55.17	161.72	70	7.0
281	60.63	170.55	300	9.0	345	56.75	159.80	53	10.0	395	55.07	161.52	0	3.0
282	60.60	170.53	60	6.0	346	57.17	160.95	45	3.0	396	56.63	162.72	330	8.0
284	60.61	171.03	50	3.0	348	56.77	162.57	65	7.5	397	56.50	162.81	310	7.0
286	60.53	170.83	90	4.0	349	56.50	158.03	45	4.0	399	56.55	163.17	310	4.5
287	60.45	170.80	40	3.0	350	56.60	158.33	10	3.0	400	56.50	163.15	30	4.0
293	60.33	170.25	45	3.0	351	56.22	158.15	310	23.0	401	56.23	163.32	70	9.5
294	60.30	170.33	90	3.0	352	56.27	158.62	315	3.0	402	56.20	163.22	70	17.0
295	60.25	170.20	60	3.0	353	56.40	159.18	50	20.0	403	56.15	163.07	0	5.0
296	60.25	170.25	60	3.0	354	56.27	159.12	55	5.0	405	56.02	162.97	315	3.5
297	60.23	170.17	65	3.0	357	56.55	162.03	20	3.0	409	55.66	158.83	50	3.0
298	60.28	170.45	70	8.0	358	56.50	162.00	0	4.0	410	55.85	158.97	45	3.0



**Рис. 3.** Примеры предполагаемых палеосейсмодислокаций, выявленных в различных частях Корякского автономного округа: *а* – в районе Камчатского перешейка (№ 311 по каталогу, см. таблицу); *б* – в районе озера Хай-Гытхын (№ 177–184); *в* – на Лесновском поднятии (№ 319, 320); *г* – в верховьях рек Эвыткенвээм и Пааваям (№ 13–21); *д* – в верховьях реки Тклаваям (№ 121–124); 1 – голоценовые разломы, у которых одно крыло поднято относительно другого (бегштрихи указывают в сторону опущенного крыла); 2 – голоценовые трещины (без видимых смещений); 3 – оползни (стрелки указывают направление движения обвалившихся и сползших пород); 4 – участки, на которых произошло разжижение грунта; 5 – обособленные возвышенности и их абсолютные отметки, м; *б* – озера.

сений. Необходимо их дальнейшее изучение, детальное наземное обследование, когда можно будет более точно установить их происхождение, принадлежность к сейсмогенным образованиям, уточнить их возраст.

**Общие закономерности распространения голоценовых разломов (предполагаемых палеосейсмодислокаций) на территории Корякского автономного округа.** На рис. 2 и 4 показаны карты распространения и плотности разломов и трещин голоценового возраста на территории Корякского автономного округа. Выделим следующие основные особенности их распространения.

1. Наибольшее их число сосредоточено на хребтах Ветвейском и Укэлаят в Корякском нагорье, а также в осевой зоне Срединного хребта на Камчатке. Кроме того, повышенное их количество отмечено на полуостровах Говена и Олюторском, а также к северо-востоку от пос. Палана (район мыса Теви).

2. В Корякском нагорье по сравнению со Срединным хребтом Камчатки голоценовых разломов и трещин значительно больше. Меньше всего их в южной части Корякского автономного округа, там, где начинается область развития четвертичного вулканизма.

3. Распределение дислокаций на площади даже в пределах хребтов, где абсолютные высоты примерно одинаковы, мозаичное - участки с повы-

шенной их концентрацией разделены участками, где дислокаций мало или они полностью отсутствуют.

Кроме отмеченных общих особенностей распространения голоценовых разломов и трещин выделяются также участки, на которых развиты дислокации с преобладанием того или иного простирания. Так, в районе Лесновского поднятия (Камчатский перешеек) выделена 21 дислокация, при этом 15 из них - это разломы или группы трещин и разломов, имеющих простирание 40-45° СВ. Зона их сгущения, протягивающаяся на 220 км вдоль оси поднятия (см. рис. 2), также имеет общее простирание 40-45° СВ. Пример одной из предполагаемых сейсмогенных структур, расположенных на этом участке, показан на рис. 3, *в*.

В районе Ветвейского хребта на Корякском нагорье расположена большая часть из выделенных в пределах Корякского автономного округа предполагаемых сейсмодислокаций (см. рис. 4). При этом преобладающим их простиранием здесь является северо-северо-восточное. На рис. 5, *а* показан участок междуречья Имланваям-Луловаям, где сосредоточено 49 предполагаемых сейсмогенных структур. Там же показана диаграмма их простираний, на которой видно, что подавляющая часть этих структур имеет простирание 20-30° ССВ. На других участках Ветвейского хребта также преобладают дислокации северо-северо-восточного простирания (см. рис. 3, *г* и *д*).

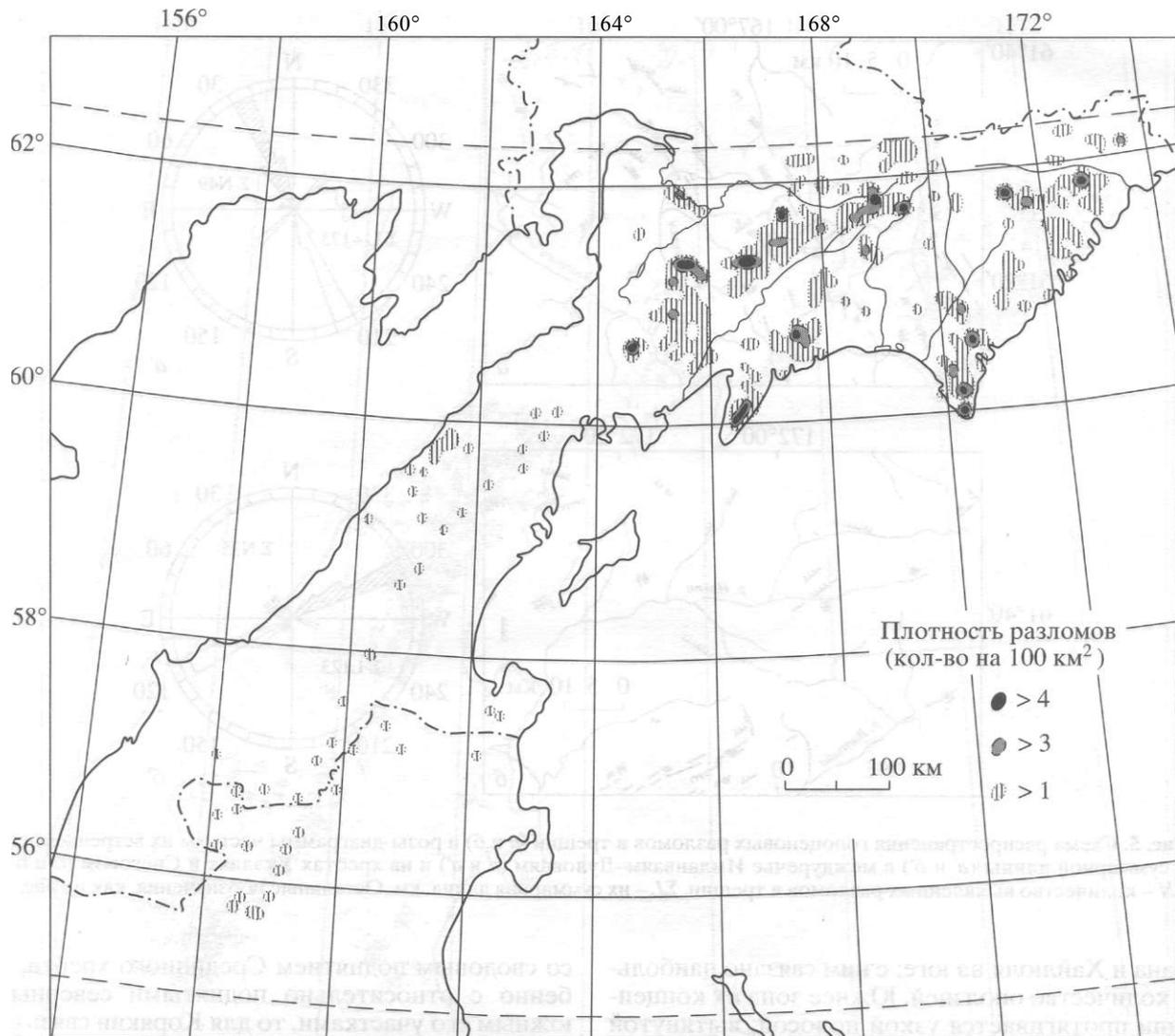


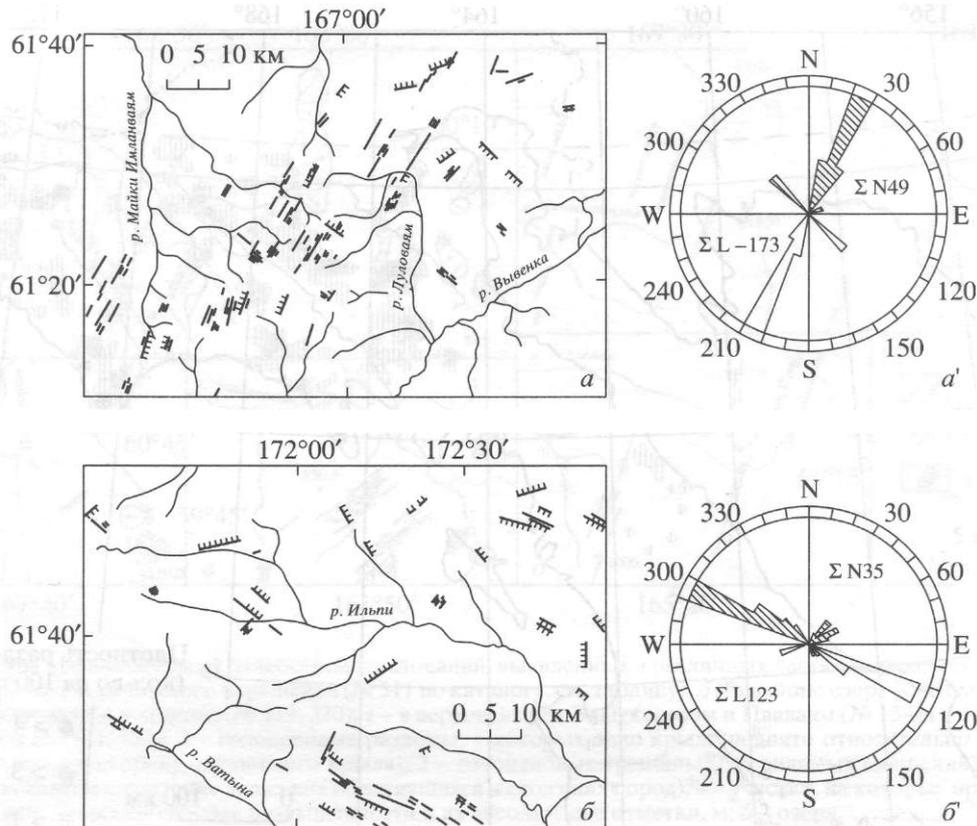
Рис. 4. Карта плотности разломов и трещин голоценового возраста на территории Корякского автономного округа. На Камчатке, в районе хребта Кумроч, плотность разломов и трещин не показана.

Совсем иная картина в восточной части Корякского нагорья на хребтах Укэляят и Снеговой (рис. 5, б). Там преобладают разломы и трещины с простиранием  $290^{\circ}$ - $300^{\circ}$  ЗСЗ, разломы северо-восточного и северо-северо-восточного простирания почти полностью отсутствуют (из более 40 разломов голоценового возраста, выделенных на этом участке, лишь 3 имеют северо-восточное простирание).

Различаются по простиранию и группы голоценовых трещин и разломов, расположенных на полуостровах Олюторском и Говена. В первом случае преобладают дислокации с простиранием от  $45^{\circ}$ - $50^{\circ}$  СВ до  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  ВСВ, при этом наиболее крупные из них имеют простирание  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  ВСВ. Во втором случае, на п-ове Говена, преобладают дислокации с простиранием  $40^{\circ}$  СВ.

#### Общие закономерности распространения оползней, обвалов и других склоновых образований на территории Корякского автономного округа.

На рис. 6 показана карта распространения этих образований (далее будем называть их оползни, поскольку эти формы преобладают) на изученной территории (от параллели  $55^{\circ}00'$  на юге до параллели  $62^{\circ}20'$  на севере). Всего выявлено 3026 подобных образований (кроме того,  $\sim 240$  таких форм выявлено О.Н. Егоровым на севере Корякского автономного округа в пределах Ичигемского хребта и Окланского плато - они также показаны на рис. 6). Видно, что оползни распространены на данной территории очень неравномерно. На Камчатском полуострове их значительно больше, чем в Корякском нагорье. Особо выделяется район Лесновского поднятия, протягивающегося от Камчатского перешейка на севере до рек



**Рис. 5.** Схема распространения голоценовых разломов и трещин (а и б) и розы-диаграммы частоты их встречаемости и суммарной длины (а' и б') в междуречье Имлианвая-Луловая (а и а') и на хребтах Уксаяля и Снеговом (б и б');  $\Sigma N$  – количество выявленных разломов и трещин,  $\Sigma L$  – их суммарная длина, км. Остальные обозначения, как на рис. 3.

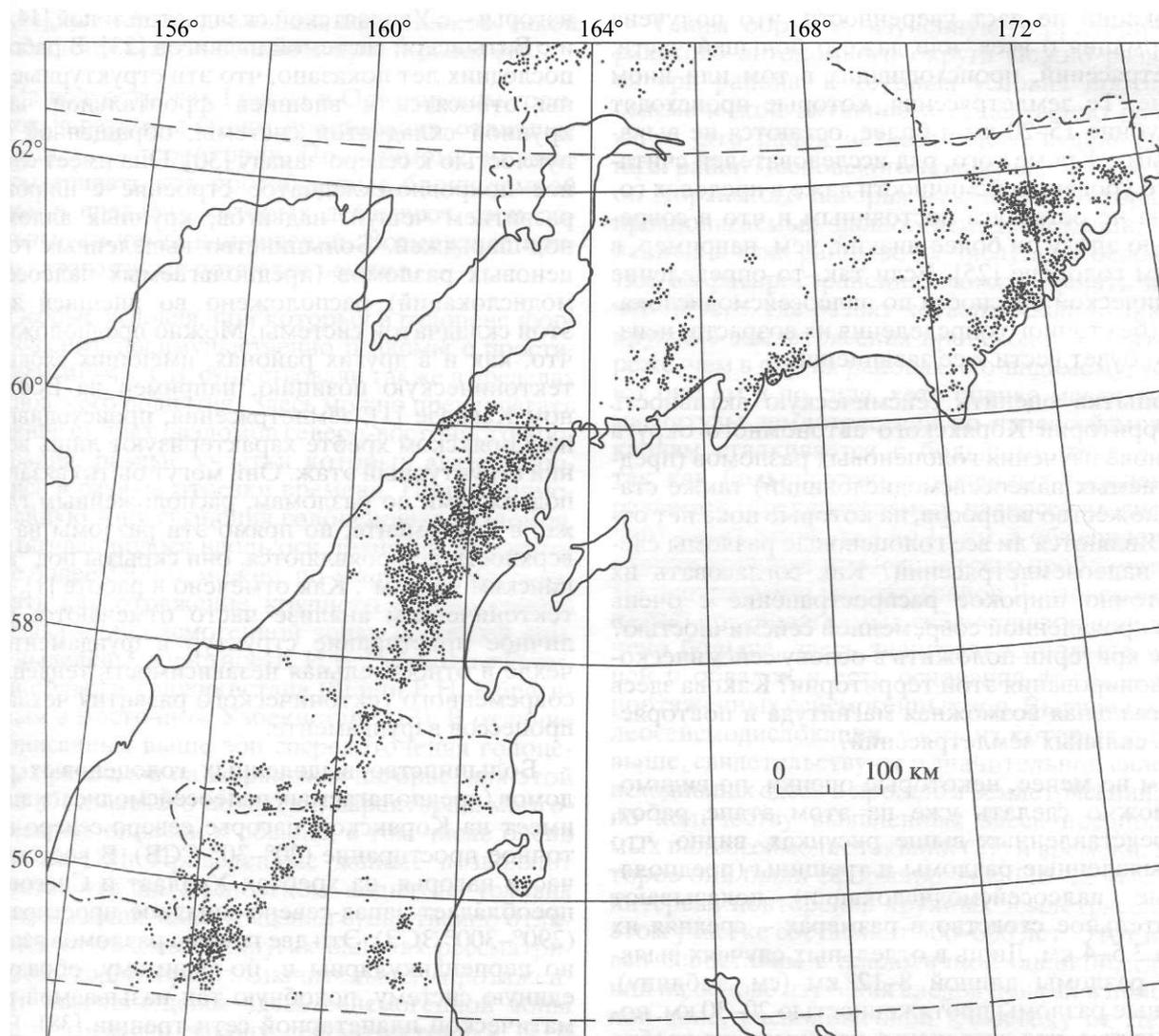
Палана и Хайлюля на юге; с ним связано наибольшее количество оползней. Южнее зона их концентрации протягивается узкой полосой, вытянутой в северо-северо-восточном направлении вдоль оси Срединного хребта. При этом на центральном участке Срединного хребта, где широко развит четвертичный вулканизм, оползней значительно меньше, чем на севере и на юге, там, где четвертичный вулканизм отсутствует.

В Корякском нагорье выделяется несколько участков концентрации оползней. Наибольшее их количество сосредоточено на востоке, в бассейне р. Ильпи и на прибрежных участках (в районе бухт Мачевна, Глубокая и др.). Значительное их количество сосредоточено на небольшом участке к северо-востоку от п-ова Говена (район бухты Лаврова), а также в южной части Ветвейского хребта (на хребте Уннэй-Тунуп и в горах Хетапахен).

Рассматривая в целом распространение оползней на территории Корякского автономного округа необходимо отметить, что оно слабо увязывается как с геологией, так и с топографией. Если для северной части п-ова Камчатка можно сделать вывод, что большая часть оползней здесь связана

со сводовым поднятием Срединного хребта, особенно с относительно поднятыми северным и южным его участками, то для Корякии связь с выделяющимся здесь Корякским поднятием [35] не прослеживается. Более того, как видно на рис. 6, юго-западные и западные его склоны несмотря на большие высоты (до 1700-1800 м) фактически лишены оползней. Проведен подробный анализ факторов, которые могли способствовать оползнеобразованию на данной территории и сделан вывод, что появление здесь оползней в большом количестве в значительной мере определяется крутосклонным рельефом, сформированным последним позднеплейстоценовым оледенением [18]. На участках, где оледенение отсутствовало, фактически отсутствуют и оползни.

Сопоставление рисунков 2 и 6, на которых показано распространение, с одной стороны, голоценовых разломов (предполагаемых сеймотектонических дислокаций), а с другой стороны, оползней (для части которых можно предполагать сейсмогенное происхождение), показывает, что между ними мало общего. Там, где наблюдаются максимальные концентрации голоценовых разломов (на хребте Кумроч на Восточной Камчатке и на Ветвейском хребте в Корякии) количе-



**Рис. 6.** Карта распространения оползней, обвалов и других склоновых образований, выявленных в результате площадного дешифрирования аэрофотоснимков на территории Корякского автономного округа и в прилегающих районах Камчатки (от параллели 62°20' на севере до параллели 55°00' на юге). Оползни и обвалы нанесены в виде точек, обозначающих их центр.

ство оползней незначительно. И, наоборот, там, где наблюдается наибольшая концентрация оползней (южный и северный участки Срединного хребта Камчатки, район бухт Лаврова и Мачевна на юге и на востоке Корякского нагорья) наблюдается небольшое количество голоценовых разломов. Лишь на хребтах Укэляят и Снеговом в восточной части Корякского нагорья области максимальной концентрации оползней и голоценовых разломов совпадают. Эти данные привели к выводу, что на данной территории вряд ли можно использовать оползни, их распространение, как показатель палеосейсмичности.

Данный вывод противоречит положениям новой палеосейсмогеологической методики [2, 3], в которой именно рои крупных гравитационных

дислокаций предлагается использовать в качестве индикаторов древних эпицентров. По-видимому, к применению данной методики следует относиться осторожно. Приведенные данные свидетельствуют, что рои обвалов и оползней не всегда отражают эпицентральные области древних землетрясений. Могут быть, вероятно, и другие причины их появления.

#### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

**Оценка сейсмической опасности.** В начале работы отмечены те ограничения и трудности, с которыми приходится сталкиваться при применении палеосейсмогеологического метода. Даже детальное изучение обнаруженных палеосейсмо-

дислокаций не даст уверенности, что получена информация о всех, или даже о большей части, землетрясений, происходивших в том или ином районе. Те землетрясения, которые происходят на глубине 15-20 км и более, остаются не выявленными. Кроме того, ряд исследователей считает, что уровень сейсмичности даже в пределах голоцена не оставался постоянным и что в современную эпоху он более низкий, чем, например, в раннем голоцене [25]. Если так, то определение сейсмической опасности по палеосейсмодислокациям (без точного определения их возраста) неизбежно будет вести к ее завышению.

Попытка оценить сейсмическую активность на территории Корякского автономного округа на основе изучения голоценовых разломов (предполагаемых палеосейсмодислокаций) также ставит множество вопросов, на которые пока нет ответа. Являются ли все голоценовые разломы следами палеоземлетрясений? Как согласовать их достаточно широкое распространение с очень слабо проявленной современной сейсмичностью? Какие критерии положить в основу сейсмического районирования этой территории? Какова здесь максимальная возможная магнитуда и повторяемость сильных землетрясений?

Тем не менее, некоторые оценки, по-видимому, можно сделать уже на этом этапе работ. На представленных выше рисунках, видно, что все выявленные разломы и трещины (предполагаемые палеосейсмодислокации) показывают удивительное сходство в размерах - средняя их длина 3.5-4 км. Лишь в отдельных случаях выявлены разломы длиной 8-12 км (см. таблицу). Крупные разломы протяженностью 20-30 км, подобные тем, что встречены, например, на хребте Кумроч на Восточной Камчатке, в северной части Камчатки и на Корякском нагорье не обнаружены. Выявлены также лишь единичные случаи активизации старых разломов. При этом активизированные в голоцене участки также имеют небольшую длину (от 4-5 до 8-9 км). Эти данные позволяют считать, что изученная территория может быть отнесена к тому же типу, что и Япония, и отличается от таких районов, как Калифорния или Китай (признаки различия этих районов см. в работе [24]). Распределение разрывов в подобных районах весьма сложное, а их размеры невелики. Для такого состояния среды характерны многочисленные "особые точки" [24], в которых сосредотачивается напряжение.

В то же время анализ распределения голоценовых разломов по площади показывает, что районы их наибольшей концентрации в Корякии вытягиваются широкой выпуклой к северу дугой вдоль хребтов Ветвейского и Укэляят (см. рис. 2 и 4). Эта дуга в целом совпадает по простиранию с основными структурными зонами юга Корякского

нагорья - с Укэляятской складчатой зоной [14, 34] и с Ватынской системой надвигов [23]. В работах последних лет показано, что эти структурные зоны относятся к внешней фронтальной части крупной складчатой системы, обращенной выпуклостью к северо-западу [30]. Она имеет сложное покровно-складчатое строение с широким развитием чешуй, надвигов, крупных аллохтонов-шарьяжей. Большинство выделенных голоценовых разломов (предполагаемых палеосейсмодислокаций) расположено во внешней зоне этой складчатой системы. Можно предположить, что, как и в других районах, имеющих сходную тектоническую позицию, например на Восточном Кавказе [1], землетрясения, происходившие на Корякском хребте характеризуют лишь верхний структурный этаж. Они могут быть связаны с подвижками по разломам, расположенным глубже, в фундаменте, но прямо эти разломы на поверхности не проявляются, они скрыты под "альпийским чехлом". Как отмечено в работе [1], при тектоническом анализе часто отмечаются различное простирание структур в фундаменте и чехле и относительная независимость тенденций современного тектонического развития чехла от процессов в фундаменте.

Большинство выделенных голоценовых разломов (предполагаемых палеосейсмодислокаций) имеет на Корякском нагорье северо-северо-восточное простирание (20°-30° ССВ). В восточной части нагорья, на хребтах Укэляят и Снеговом, преобладает запад-северо-западное простирание (290°-300° ЗСЗ). Эти две группы разломов взаимно перпендикулярны и, по-видимому, образуют единую систему, подобную так называемой регматической планетарной сети трещин [38]. Возможно, что постоянство их ориентировки связано с региональным полем напряжений, определяемым кинематикой и динамикой литосферных плит и процессов вблизи их границ [20]. Поиск причин устойчивости простираний голоценовых разломов на данной территории - дело будущего. Кажется очевидным, что это должна быть какая-то общая причина, действовавшая на достаточно большой территории. Она, по-видимому, продолжает действовать и ныне, так как при Хаилинском землетрясении, произошедшем 8 марта 1991 г., предполагаемый разрыв (инструментально определенная главная трещина) имел также простирание 18°-20° ССВ и не был связан с каким-либо старым разломом - это была вновь сформированная дислокация [16]. В то же время как при Хаилинском землетрясении 8 марта 1991 г., так и при других землетрясениях, происходивших здесь раньше, сейсмогенерирующими могли быть глубинные разломы фундамента, которые не вскрываются на поверхности - они погребены под осадочным чехлом внешней зоны Корякской складчатой системы. В случае Хаилинского землетрясения, судя

по общим очертаниям облака афтершоков, такой разлом имел северо-западное простирание [16].

На полуостровах Говена и Олюторском голоценовые разломы имеют простирания, отличные от остальной территории. По-видимому, их надо рассматривать как обособленные блоки земной коры, в пределах которых действуют свои локальные системы напряжений. Возможные причины этого также остаются неясны.

Особые условия, при которых в голоцене формировались преимущественно разломы с простиранием  $40^{\circ}$ - $45^{\circ}$  СВ, существовали также в пределах Лесновского поднятия. Здесь можно предполагать влияние старых разломов северо-восточного простирания, разные участки которых активизировались в разные отрезки времени. Почти прямолинейную зону сгущения голоценовых разломов, протягивающуюся вдоль оси поднятия на расстояние более 220 км, можно, по-видимому, рассматривать как отражение крупного сейсмогенного разрыва или сейсмогенной зоны, подобной тем, что выделены, в частности, И.Е. Губиным в Гармской области Таджикистана [8] или Р.Н. Ибрагимовым в Восточном Узбекистане [13]. В отличие от описанных выше зон сосредоточения голоценовых разломов на Корякском нагорье, для этой зоны (Лесновского поднятия) характерны многочисленные оползни и обвалы, в том числе очень крупные [18]. Приведенные данные позволяют считать, что на Лесновском поднятии условия возникновения землетрясений существенно отличаются от таковых в других районах рассматриваемой территории. Значительная протяженность выделяющейся здесь сейсмогенной зоны может (согласно закону сеймотектоники [11]) свидетельствовать о значительной магнитуде возможных в ней землетрясений. В то же время, судя по количеству выявленных предполагаемых палеосейсмодислокаций, повторяемость сейсмических событий в этой зоне значительно ниже, чем в Корякском нагорье.

Еще меньше голоценовых разломов (предполагаемых палеосейсмодислокаций) обнаружено южнее, в той части Корякского автономного округа, где развит четвертичный вулканизм (см. рис. 2 и 4). Этот факт может служить подтверждением высказанных недавно представлений, что магматизм снижает (снимает) тектонические напряжения. Магматическое давление действует в противовес тектоническому, и там, где есть вулканы, риск от крупных землетрясений меньше [41]. Подтверждают это и данные, полученные недавно в Японии, где показано, что существует тесная связь между сейсмичностью и температурой - в тех районах, где низкоскоростные зоны (вероятные магматические очаги) приближаются к поверхности, сейсмичность значительно снижена [40].

Таким образом, изученную территорию Корякского автономного округа можно разделить на три района, в которых условия протекания сейсмической активности существенно различаются. Это район четвертичного вулканизма на юге, район Лесновского поднятия в центре и район Корякского нагорья на севере. По характеру предполагаемых палеосейсмодислокаций, выделенных в этих районах, их числу и по особенностям их распространения, можно сделать вывод, что на юге, где развит четвертичный вулканизм, крупные землетрясения происходят значительно реже, чем в других районах. По-видимому, уступают они им и по силе, хотя оценка максимальной магнитуды землетрясений по палеосейсмодислокациям сталкивается с большими трудностями, так как большинство выявленных голоценовых разломов (предполагаемых палеосейсмодислокаций) имеет длину от 3 до 12 км, а объединение их в более крупные зоны чаще всего проблематично. На центральном участке (район Лесновского поднятия) предполагаемых сейсмодислокаций встречено больше, здесь значительно больше оползней и обвалов и есть основания для выделения протяженных сейсмогенных зон. Выявленные палеосейсмодислокации, часть из которых описана выше, свидетельствуют о значительной силе происходивших здесь в прошлом землетрясений. Судя по количеству выявленных здесь предполагаемых палеосейсмодислокаций (21) и времени, за которое они были сформированы (10—12 тыс. лет), интервал повторения крупных землетрясений на этом участке составляет 500-600 лет. Этот интервал сопоставим с аналогичной оценкой, сделанной на основе изучения следов цунами в прибрежной зоне, расположенной к востоку от Лесновского поднятия. Как отмечают Мелекесцев И.В. и Курбатов А.В. [22], датировки этих следов позволяют утверждать, что землетрясения с  $M > 7.5$  происходили здесь в последние 2000 лет с интервалом в сотни лет (в среднем через 320 лет).

В северной части, на Корякском нагорье, выявлено наибольшее количество голоценовых разломов, и это позволяет предположить, что сейсмическая активность в голоцене в данной части Корякского автономного округа была наивысшей. В то же время то, что разломы (предполагаемые палеосейсмодислокации) распространены мозаично и не связаны прямо с какими-либо крупными разломами, и то, что простирание разломов очень постоянно и они могут рассматриваться как сеть планетарных, регматических трещин, свидетельствует об особых условиях развития голоценовых разломов и, соответственно, палеосейсмичности на этой территории. Вероятно, что эти условия, как отмечено выше, связаны с широким развитием здесь надвигов и шарьяжей, но возможно, что в данном случае сейсмичность надо рассматривать с позиций самоорганизации

среды, как это показал Н.В. Шебалин [37]. Повторяемость сильных землетрясений на этом участке можно оценить исходя из того, что здесь выявлено -300 предполагаемых палеосейсмодислокаций. Время их формирования - 10-12 тыс. лет и, соответственно, повторяемость сильных землетрясений можно оценить примерно в 30 лет (при равномерном распределении землетрясений в голоцене). Можно отметить, что, исходя из этого, следующее землетрясение такого же ранга, как произошедшее в 1991 г. Хаилинское землетрясение ( $M = 6.6..7$ ) может произойти на Корякском нагорье через 25-30 лет. Тем не менее эта оценка вряд ли надежна, так как остается не ясным, происходили ли землетрясения здесь равномерно в течение голоцена и какая часть землетрясений не оставила следов. Чтобы получить ответы на эти вопросы нужны более детальные работы, изучение конкретных сейсмогенных структур, выявление истории подвижек по поверхностным разломам, выявление активных разломов фундамента, определение толщины сейсмоактивного слоя и т.д. Проведение подобных работ - задача будущих сейсмогеологических исследований.

Работа выполнена и финансировалась в рамках договора с Администрацией Корякского автономного округа по теме "Уточнение карты общего сейсмического районирования территории Корякского автономного округа" (отв. исполнитель А.В. Викулин). Результаты неоднократно обсуждались в процессе проведения работ с А.В. Викулиным, О.Н. Егоровым, И.В. Мелекесцевым, Л.С. Шумиловой, О.В. Потаповой, Г. В. Чернышевой. Всем перечисленным коллегам автор выражает искреннюю благодарность за внимание к работе и доброжелательность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисов Б.А.* Тектоническая неоднородность и неоднородная сейсмичность земной коры: тектонические условия возникновения сильных землетрясений // *Вопр. инж. сейсмол.* 1990. №31. С. 116-126.
2. *Важенин Б.П.* Геолого-геоморфологический анализ при палеосейсмологических исследованиях в сейсмическом поясе Черского: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. 60 с.
3. *Важенин Б.П., Мишин С.В., Шарафутдинова Л.В.* Землетрясения Магаданской области. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1997. 44 с.
4. *Викулин А.В.* Опыт по уменьшению опасности от природных катастроф на территории Корякии (Север Камчатки) // Тез. докл. Рос.-Япон. симпоз. "Камчатка: развитие и окружающая среда", г. Петропавловск-Камчатский, 4-5 июля 1995 г. Петропавловск-Камчатский, 1995. С. 23-24.
5. *Викулин А.В.* Социальные последствия Хаилинского землетрясения // Тез. докл. 1-й Междунар. конф. "Сейсмическая безопасность урбанизированных территорий", г. Петропавловск-Камчатский, 12-16 февраля 1996 г. Петропавловск-Камчатский, 1996. С. 58.
6. *Викулин А.В.* Природный риск территории Корякии (Север Камчатки) // Геол. среда и сейсмич. процесс. Мат-лы Всерос. межрегион. конф., Иркутск, 2-5 сентября 1997 г. Иркутск, 1997. С. 73-74.
7. *Гоби-Алтайское землетрясение.* М.: Изд-во АН СССР, 1963. 392 с.
8. *Губин И.Е.* Сейсмогенные тектонические процессы // Современная тектоническая активность земли и сейсмичность. М.: Наука, 1987. С. 5-21.
9. *Егоров О.Н.* Оценка сейсмичности горных регионов при отсутствии наблюдаемых инструментальных данных // Тез. докл. 1-й Междунар. конф. "Сейсмическая безопасность урбанизированных территорий", г. Петропавловск-Камчатский, 12-16 февраля 1996 г. Петропавловск-Камчатский, 1996. С. 19.
10. *Живая тектоника, вулканы и сейсмичность Станового нагорья /* Под ред. Солоненко В.П. М.: Наука, 1966. 231 с.
11. Закономерность связи магнитуды (энергии) тектонических коровых континентальных землетрясений с размерами и типами сейсмогенных геологических структур (Закон сейсмотектоники Губина) // *Сообщ. Госкомизобретений СССР. Вестн. АН СССР.* 1986. №2.
12. *Зобин В.М., Бахтияров В.Ф., Борисенко В.Н., Гусева Е.М., Иванова Е.И., Левин В.Е., Матвиенко Ю.Д., Самылов Н.И., Чиркова В.Н.* Корякское землетрясение 8 марта 1991 г. // *Землетрясения в СССР в 1991 г.* М.: Наука, 1997. С. 76-88.
13. *Ибрагимов Р.Н.* Сейсмогенные зоны Восточного Узбекистана и сейсмическое районирование // *Сейсмотектоника некоторых районов юга СССР.* М.: Наука, 1976. С. 48-72.
14. *Колтыпин А.В., Кононов М.В.* История формирования Южно-Корякских позднемиоценовых островных дуг // *Бюл. МОИП. Отд. геол.* 1986. Т. 61. Вып. 4. С. 25-38.
15. *Кучай В.К.* Зонный орогенез и сейсмичность. М.: Наука. 1981. 160 с.
16. *Ландер А.В., Бужчин Б.Г., Дроздин Д.В., Кирюшин А.В.* Тектоническая позиция и очаговые параметры Хаилинского (Корякского) землетрясения 8 марта 1991 г.: существует ли плита Берингия? // *Геодинамика и прогноз землетрясений.* М.: Наука, 1994. С. 103-122.
17. *Леонов В.Л.* Поверхностные разрывы, связанные с землетрясением и извержениями, произошедшими в Карымском вулканическом центре 1-2 января 1996 г. // *Вулканология и сейсмология.* 1997. № 5. С. 113-129.
18. *Леонов В.Л., Егоров О.Н.* Обвалы и оползни на территории Корякского автономного округа, связанная с ними опасность и факторы, ее определяющие // *Вопросы географии Камчатки.* 1998. Вып. 11. С. 68-97.
19. *Леонов Н.Н.* Хаитское землетрясение 1949 г. и геологические условия его возникновения // *Изв. АН СССР. Сер. геофиз.* 1960. № 3. С. 409-424.

20. *Леонов Ю.Г.* Напряжения в литосфере и внутриплитная тектоника // Геотектоника. 1995. № 6. С. 3-21.
21. *Мацуда Т.* Сейсмические шрамы // Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии. М.: Недра, 1984. С. 39-66.
22. *Мелекесцев И.В., Курбатов А.В.* Частота крупнейших палеосейсмических событий на северо-западном побережье и в Командорской котловине Берингова моря в позднем плейстоцене-голоцене // Вулканология и сейсмология. 1997. № 3. С. 3-11.
23. *Митрофанов Н.П.* Ватынский тектонический покров Центрально-Корякской складчатой зоны // Геология и геофизика. 1977. № 4. С. 144-149.
24. *Моги К.* Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1988. 382 с.
25. *Николаев Н.И.* Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 491 с.
26. *Никонов А.А.* Терминология и классификация сейсмогенных нарушений рельефа // Геоморфология. 1995. № 1. С. 4-10.
27. *Никонов А.А.* Реконструкция основных параметров древних сильных землетрясений Средней Азии на основе палеосейсмогеологического метода // Сильные землетрясения и сейсмические воздействия. М.: Наука, 1987. С. 72-92.
28. Сейсмическое районирование территории СССР. М.: Наука, 1980. 307 с.
29. СНиП 11-7-81. Строительство в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1982. 40 с.
30. *Соколов С.Д., Григорьев В.Н., Зинкевич В.П. и др.* Аккреция и тектоническая расслоенность в структуре Корякского нагорья и Камчатки // Актуальные проблемы тектоники СССР. М.: Наука, 1988. С. 111-149.
31. *Солоненко В.П.* Определение эпицентральных зон землетрясений по геологическим признакам / Изв. АН СССР. Сер. геол. 1962. № 11. С. 58.
32. *Солоненко В.П.* Палеосейсмология // Изв. АН СССР. Сер. Физика Земли. 1973. № 9. С. 3-16.
33. Структурное дешифрирование при геологической съемке. Методические рекомендации. Л., 1981. 25 с.
34. *Тильман С.М., Бялобжеский С.Г., Чехов А.Д.* Тектоника и история развития Корякской геосинклинальной системы // Очерки тектоники Корякского нагорья. М.: Наука, 1982. С. 5-30.
35. *Уфимцев Г.Ф.* Тектонический анализ рельефа (на примере Востока СССР). Новосибирск: Наука, 1984. 184 с.
36. *Хромовских В.С.* Основные требования к изучению палеосейсмодислокаций // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. Вып. 1. М.: ИФЗ РАН, 1993. С. 251-255.
37. *Шебалин Н.В.* Сейсмичность как тектонический процесс // Современная тектоническая активность Земли и сейсмичность. М.: Наука, 1987. С. 11-37.
38. *Шульц С.С.* Планетарная трещиноватость (основные положения) // Планетарная трещиноватость. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1973. С. 5-37.
39. *Johnson A.M., Fleming R.W., Gruikshank K.M.* Shear zones formed along long, straight traces of fault zones during the 28 June 1992 Landers, California, earthquake // Bull. Seismol. Soc. Amer. 1994. V. 84. № 3. P. 499-510.
40. *Okibo Y., Matsunaga T.* Curie point depth in northeast Japan and its correlation with regional thermal structure and seismicity // J. Geophys. Res. 1994. V. 99. № 11. P. 22363-22371.
41. *Parsons T., Thompson G.A.* The role of magma overpressure in suppressing earthquakes and topography: Worldwide examples // Science. 1991. V. 253. P. 1399-1402.
42. *Ponti D.J., Wells R.E.* Off-fault ground ruptures in the Santa Cruz Mountains, California: ridgetop spreading versus tectonic extension during the 1989 Loma Prieta earthquake // Bull. Seism. Soc. Amer. 1991. V. 81. P. 1480-1510.
43. *Vittori E., Labini S.S., Serva L.* Paleoseismology: review of the state-of-the-art // Tectonophysics. 1991. V. 193. № 1-3. P. 9-32.
44. *Wesnousky S.G., Scholz C.H., Shimaraki K., Matsuda T.* Integration of geological and seismological data for the analysis of seismic hazard: a case study of Japan // Bull. Seism. Soc. Amer. 1984. V. 74. № 2. P. 687-708.

## Holocene Faults (Inferred Paleoseismic Scarps) and the Assessment of Earthquake Hazard for Koryak Autonomous Area, Northeast Russia

V. L. Leonov

*Institute of Volcanology, Far East Division, Russian Academy of Sciences Petropavlovsk-Kamchatsky, 683006, Russia*

Areal interpretation of aerial photographs was carried out for the Koryak Autonomous Area (KAA), which includes northern Kamchatka and the southern Koryak Upland (about 240.000 sq. kilometers) to identify young (Holocene) faults, fissures and combinations of these as hypothetical paleoseismic scarps (or traces of old large ( $M > 6.5$ ) earthquakes). In all, 410 such features have been identified, their abundance and density were mapped, and the variability of their strikes was analyzed. Also identified are hypothetical seismogravitational features found in the area, namely, landslides, rockfalls, and soil liquefaction sites. Problems are considered related to earthquake hazard assessment for KAA with identification of areas differing by structure, number and dominant trends of the paleoseismic ruptures. It is shown that the distribution of the latter is generally consistent with the location of major structural zones in the area.