

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.435.24 (571.53)

АГАФОНОВ Б. П., МАКАРОВ С. А.

ЛАВИННАЯ ДЕНУДАЦИЯ В СЕВЕРНОМ ПРИБАЙКАЛЬЕ
В СРАВНЕНИИ С ДРУГИМИ РАЙОНАМИ СССР

Снежные лавины и вызванная ими денудация изучались нами в Северном Прибайкалье в двух речных бассейнах Верхнеангарского и Байкальского хребтов: Анамакитском и Кунермском. В бассейне р. Кунерма лавинных очагов значительно больше на западных и северных склонах, чем на восточных и южных [1]. Это, вероятно, связано с переносом снега преобладающими северо-западными ветрами и навеванием его в прирвовочных частях склонов в виде снежных козырьков — источников лавин. В бассейне р. Анамакит такой четко выраженной закономерности не наблюдается (рис. 1), что, по-видимому, обусловлено завихрениями основных ветровых потоков в сложных морфологических условиях этого района.

По объему поставляемого в русла рыхлого материала и денудации склонов снежными лавинами бассейны рек Анамакита и Кунермы резко различаются, что обуславливается особенностями их геологического строения.

Бассейн р. Анамакит, где лавинная денудация интенсивнее, находится в центральной части юго-восточного склона Верхнеангарского хребта — одного из наиболее высоких и резко расчлененных молодых горных поднятий Прибайкалья. Горные вершины здесь достигают 2500 м. На этих высотах в гольцах и начинается долина реки. Длина долины от верховья до выхода из гор в Верхнеангарскую впадину 21 км, ширина между бровками склонов 3—3,5 км. Высота склонов достигает 1170 м, крутизна 40°.

В месте слияния двух русел река на значительном протяжении подрезает левый борт, крутизна которого резко увеличивается до 45—70°. Местами образовались отвесные стены. В результате этого лавинные лотки делятся на две части. Вначале они врезаны в более пологую верхнюю часть склона, где уклоны достигают 40—45°, затем в обрывистую нижнюю часть. Лавиносборы кверху обычно расширяются. Они рассечены несколькими более мелкими лавинными лотками, которые сходятся в одно русло, приобретающее вид ущелья. Из ущелий лавины вырываются в нижние обрывистые части лотков, где вначале на протяжении 30—50 м русла падают отвесно; затем уклоны русел несколько уменьшаются. Таким образом, лавинные лотки имеют форму песочных часов с узкими горловинами посредине, где энергия лавин концентрируется перед прыжком с обрыва. Это придает лавинам особую разрушительную силу. После прыжка с обрыва лавинный материал стремительно разлетается в разные стороны. На месте выхода лавины, описываемой под номером 2 (рис. 1 и 2), сбитости на деревьях на правом берегу

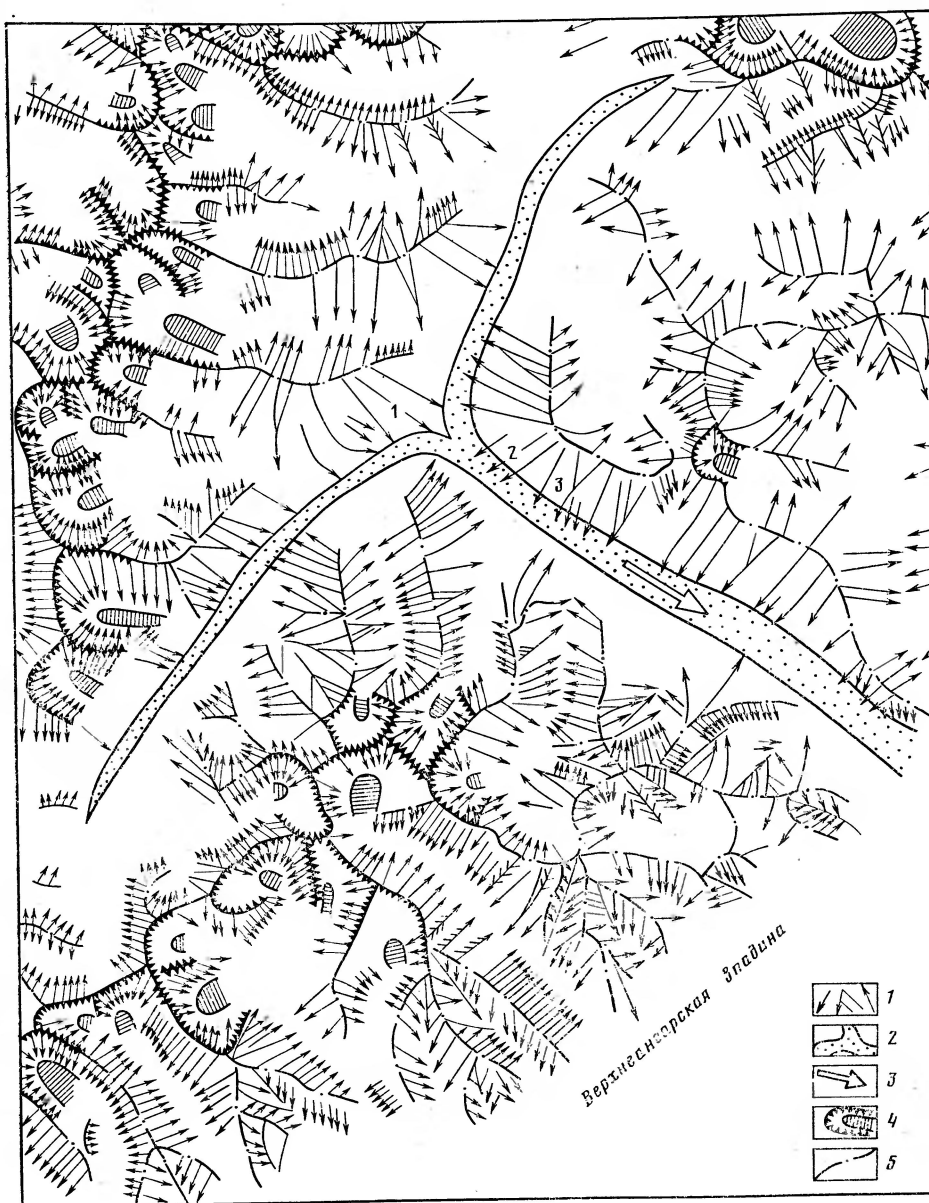


Рис. 1. Схема лавинной опасности в бассейне р. Анамакит

1 — пути движения лавин, 2 — днище долины р. Анамакит, 3 — направление течения реки, 4 — кары (заштрихованы их днища), 5 — водораздельные линии; 1—3 — в центре схемы — номера вынесенных на рис. 2 подробно обследованных и описанных в тексте лавин

р. Анамакит наблюдались до высоты 6 м. Эти деревья расположены в 100 м от места схода лавин со склона на террасе высотой 3—4 м над руслом реки. На одном из тополей сохранился вонзившийся в ствол остроугольный обломок горной породы на высоте 4,5 м от основания дерева и в 8 м от уреза воды в реке. Не исключено, что наиболее мощные лавины сразу выбрасываются на противоположный берег реки, где сохранились пораненные деревья. На террасе этого берега имеются ложбины, выбитые лавинами (см. рис. 2).

Вся верхняя часть террасы сложена остроугольным несортированным лавинным материалом с включениями гальки и гравия, захвачен-

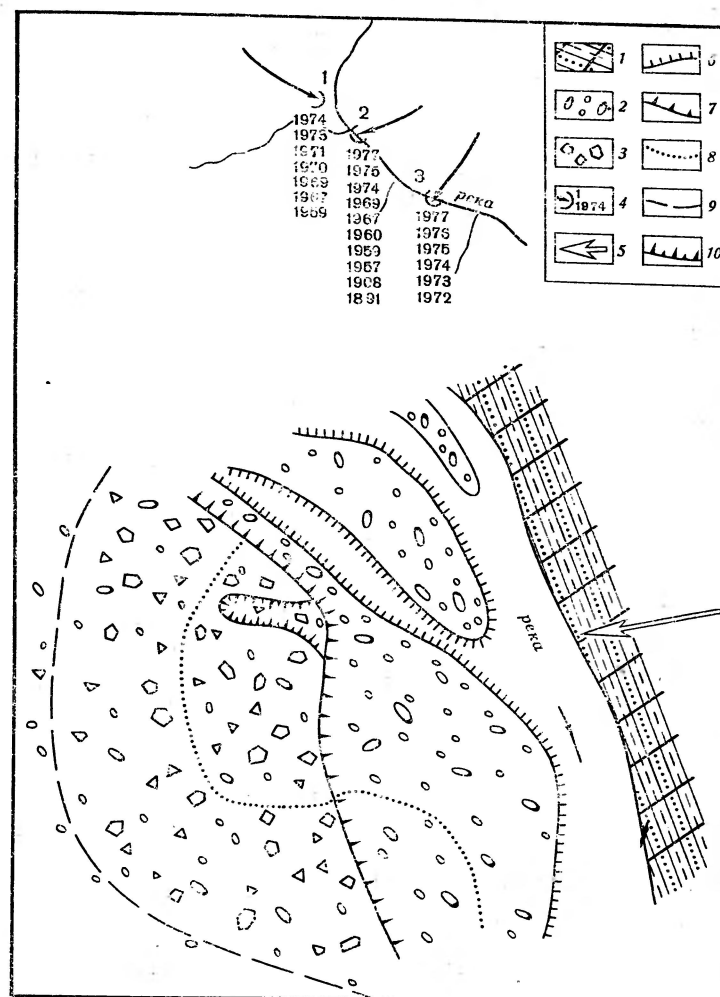


Рис. 2. Местоположения обследованных лавинных выносов в долине р. Анамакит (вверху) и план лавинного конуса выноса № 2

1 — подрезаемый рекой коренной склон крутизной 50°, сложенный алевролитами, глинистыми сланцами, с которого срываются снежные лавины; 2 — валунный материал, заполнитель — галька, гравий; 3 — глыбовый лавинный материал, заполнитель — щебень, дрова, галька; 4 — обследованные лавинные лотки, их номера и годы схода лавин по дендрохронологическим данным; 5 — направление движения лавин со склона; 6 — бровка пойменной террасы высотой около 1 м; 7 — бровка первой надпойменной террасы высотой 3—4 м; 8 — граница площади, очищенной лавинами от деревьев; 9 — граница разлета обломков горных пород, выносимых лавинами; 10 — граница ложбины, выбитой лавинами

ными лавинами при соприкосновении с пойменными отложениями. Мощность нанесенного лавинами слоя достигает 1 м. Некоторые выступающие над поверхностью крупные глыбы усеяны свежевывесенными продуктами выветривания. Под лавинным слоем залегают аллювиально-селевые валунно-галечниковые отложения.

В конусах выноса снежных лавин содержится значительное количество обломочного материала. Около левого борта долины р. Анамакит в 1,5 км ниже впадения основного притока (лавины № 3 на рис. 1 и 2) 25.VI.1977 г. были обнаружены остатки конуса выноса снежной лавины грязно-черного цвета мощностью 2 м, длиной до 10 м, шириной 28 м. Хвостовая часть лавинного конуса мощностью 4—5 м сохранилась в

Лавинная денудация в разных районах СССР

Источник информации	Продукты выветривания горных пород				Район
	вес, % от веса лавины	объем, % от объема лавины	денудация лавинного лотка, мм/год	мутность кг/м³	
Данные авторов настоящей статьи	4,2	1,15	0,31	42,5	Верхнеангарский хребет, долина р. Анамакит
	0,025	0,01	0,01	0,25	Байкальский хребет, руч. Осиновый
Алексеев В. Р., Сизиков А. И. [3]	—	0,86—8,4	1,4—7,8	—	Хребет Удокан
Душкин М. А. и др. [4]	—	0,01—0,6	0,1—0,3	—	Центральный Алтай
Трошкина Е. С., Салова Т. А. [5]	0,7—5,7	0,2—1,4	—	—	Кавказ, гора Чегет
Хрисанов В. А. [6]	—	—	0,11	—	Кавказ, Северная Осетия
Иверонова М. И. [7]	0,5—6,5	0,2—2,2	0,002—0,492	5,3—65,0	Тянь-Шань, хребет Терской-Алатау
Пучкова В. Н. [8]	—	0,3—0,4	—	—	Хибины
Возовик Ю. И. [9]	—	0,4—0,7	—	—	»
Будз М. Д. [10]	—	10—15	—	—	Хребты Хамар-Дабан, Байкальский, Баргузинский, Восточный Саян
Будз М. Д. [11]	—	5—10 до 30—40	—	—	Прибайкалье

устье лавинного лотка на левом берегу. Ширина ее 8 м, вверх по лотку она протягивается на 40 м. Расстояние между остатками конуса выноса равно 64 м. По данным тахеометрической съемки общая длина конуса выноса составила 104 м, ширина лобовой части 65 м, средняя мощность лавинного снега 2,3 м, площадь лавинного конуса 4300 м², объем около 10 000 м³. Остатки лавинного конуса покрыты сплошным слоем продуктов выветривания горных пород толщиной 2—3 см. Материал дресвяно-щебенистый, плитчатый со множеством глыб, отдельные из которых достигают 80 см в диаметре. Внутри снежной массы находится тот же материал, но он рассредоточен. Для оценки количества обломочного материала выпаривали талую воду из внутренней части лавинного снега. На 1 м³ воды приходилось 42,5 кг твердого вещества, что составляет 1,15% от объема лавинного снега, 4,2% от его веса. Лавинная денудация, рассчитанная на площадь лавинного лотка, равна 0,31 мм/год (таблица). Гранулометрический состав твердой фазы лавины без учета включений щебней и глыб составил, %: дресвы 83, песка 13,1, пыли 3,6. Потеря при прокаливании этого материала равна 7,79%.

Судя по поврежденным и уничтоженным деревьям и кустарникам лавины в этом месте внедряются в глубь леса на 80 м дальше лобовой части описанного конуса выноса. Это видно и по распространению лавинного обломочного материала. Ширина очищенной от леса площадки вдоль бровки правого берега русла р. Анамакит — около 100 м. Следовательно, зона воздействия лавин на днище долины в этом месте достигает 140 м в длину и более 100 м в ширину. По периферии этой зоны отдельные деревья и кустарники интенсивно изранены.

По сбитостям на деревьях установлено, что лавины по исследованным лоткам сходят каждый год и, по-видимому, неоднократно. По крайней мере лавины, сшедшие по лотку под номером 3 с 1972 по 1977 г.,

оставляли следы на деревьях ежегодно (см. рис. 2). Самые древние из зафиксированных сбитостей приходятся на 1891 и 1908 гг. (см. рис. 2, конус выноса № 2). Ясно, что смогли сохраниться только отдельные древние сбитости, ибо последующими лавинами поврежденные деревья могли быть уничтожены. Лавинами к настоящему времени очищены от деревьев значительные площади, так что не все современные лавины могут оставить следы, пригодные для дендрохронологического анализа. Тем не менее повторяемость схода лавин почти ежегодно фиксируется на деревьях по периферии очищенной площади, что свидетельствует о весьма напряженном современном лавинном режиме.

На правом борту долины р. Анамакит лавины также сходят каждый год. На конусе выноса № 1, расположенном северо-западнее развилки реки (см. рис. 2), лавины оставили раны на деревьях в 1959, 1967, 1969—1974 гг. Здесь на склоне четко выделяются денудационная и аккумулятивная части. Крутизна денудационной части около 40° , длина 200—300 м. Аккумулятивная часть склона постепенно выполаживается от 25° до 10° . Длина ее около 600 м. В денудационную часть склона врезаются лавинные лотки, которые к бровке расширяются в виде полуворонки. На пути движения лавин уже на конусах выноса сохранились единичные деревья с многочисленными ранами до высоты 1,5 м и редкие поросли березы, рябины, кедрового стланика, которые частично сломаны или прижаты к земле. Отдельные каменные обломки задержались на прямых ветвях берез на высоте 0,3—0,5 м от земной поверхности. Конусы выноса длиной более 100 и шириной 150 м сложены остроугольными несортированными обломками горных пород от мелкого щебня до глыб с поперечником 50 и очень редко до 100 см.

Долина р. Кунермы с ее многочисленными лавиноопасными притоками частично отсекает северную оконечность Байкальского хребта от основной его части. Глубина долины около 950 м, крутизна склонов от 20° до 30° — 35° . Высота Байкальского хребта в бассейне р. Кунермы 1400—1700 м.

Склоны долины рассечены многочисленными каньонообразными падами и лавинными лотками. Склоны падей круты, местами обрывисты. Уклоны русел в среднем достигают 13° — 25° , а в верховьях некоторых падей 30° — 38° . Обрушиваясь со склонов, отдельные лавины разворачиваются и продолжают движение вдоль крутонаклонных русел. Распространены преимущественно интрузивные породы среднего протерозоя — граносиениты, сиениты, щелочные граниты. Большая часть территории расположена в гольцовом поясе гор с редкими куртинами кедрового стланика, что благоприятствует формированию снежных карнизов — источников лавин. Среднегодовое количество осадков, по данным метеостанции Даван, равно 1210 мм. По морфоклиматическим условиям этот район в целом мало отличается от Анамакитского, но зато значительно уступает ему по количеству продуктов выветривания горных пород в снежных конусах выноса лавин. Содержание обломочного материала в остатках лавинных конусов просматривалось во многих местах района, но подробно изучалось в типичной для него долине руч. Осинового — левого притока р. Кунермы. В распределении лавин и выносе ими рыхлого материала в русло этого ручья наблюдается четкая асимметрия: на протяжении 4 км от выхода из гор до развилки ручья в верховьях пади с западного более крутого склона (40°) к руслу выходят более 15 лавинных лотков со свежими следами схода лавин. По наблюдениям 9.VII.1977 г. в трех местах в русле сохранились мощные снежно-лавиновые запруды высотой 8 м, длиной и шириной 30 м. Они «перехлестнули» узкое каньонообразное русло ручья, полностью перегородив его. На одной из запруд залегают щебень и пылеватые осадки, на второй — разрозненные глыбы. Методом вытравливания установлено, что в 1 м^3 воды содержалось 0,25 кг твердого вещества, что составляет 0,01% от объема

лавинного снега, 0,025% от его веса. Лавинная денудация, рассчитанная на площадь лавинного лотка, равна 0,01 мм/год (см. таблицу), что в 31 раз меньше, чем в долине р. Анамакит.

Такое существенное различие в темпах денудации обусловлено главным образом геологическими особенностями исследованных районов. В бассейне р. Кунермы распространены гранитоиды с системами многочисленных глубоких трещин. Они разрушаются преимущественно на крупные глыбы, которые нелегко и нечасто захватываются снежными лавинами. Мелкозем вымывается внутригрунтовыми водными потоками. Последние наряду с процессами медленного смещения рыхлого покрова (солифлюкцией, десерпцией, курумовым сносом) играют важную роль в разгрузке склонов от излишнего рыхлого материала. Кроме того, бассейн р. Кунермы находится за пределами зоны распространения эпицентров землетрясений, что не способствует катастрофическим срывам мощных глыбовых отложений со склонов. Здесь возможны лишь слабые сотрясения земной коры.

Долина р. Анамакит, наоборот, расположена в сейсмоактивной зоне. Причем распространенные там глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, гравелиты интенсивно трещиноваты, дают при выветривании мелкообломочные продукты, которые легко захватываются снежными лавинами. Сходу лавин, по которым замерена лавинная денудация, непосредственно предшествовало 6—7-балльное землетрясение 1976 г. Оно способствовало предварительной подготовке обломочного материала в лотках лавинного сноса, вызвав небольшие обвалы коренных пород, локальные подвижки рыхлого покрова на склонах долин [2]. Все это и обуславливает больший суммарный эффект лавинной денудации в долине р. Анамакит.

Величины лавинной денудации существенно различаются и по другим районам СССР (см. таблицу), несмотря на близкие геоморфологические условия и одинаковую методику измерений. Эти различия, вероятно, тоже в значительной степени связаны с геологическими особенностями территорий. К сожалению, в публикациях на геологические факторы не обращено внимания, и данные о геологических особенностях районов обычно отсутствуют. Это лишает возможности сопоставить их между собой и с районами наших исследований. Можно лишь отметить, что показатели лавинной денудации в долине р. Анамакит близки к аналогичным данным В. Р. Алексеева, А. И. Сизикова [3] по хр. Удокан, где почти такие же сейсмические и литологические условия, М. А. Душкина и др. [4] — по Центральному Алтаю, Е. С. Трошкиной, Т. А. Саловой [5], В. А. Хрисанова [6] — по Кавказу, максимальным значениям денудации в Тянь-Шане [7], но в 2—3 раза больше, чем в Хибиных [8, 9], и во много раз меньше, чем в Хамар-Дабане, Байкальском, Баргузинском хребтах и в Восточном Саяне [10, 11], по которым, возможно, приведены визуально-ориентировочные, завышенные сведения, поскольку какие-либо пояснения о методе получения их в работах отсутствуют.

В бассейне р. Кунермы величина лавинной денудации значительно меньше приведенных в литературе данных, но согласуется с большинством показателей, рассчитанных М. И. Ивероновой [7] для лавинных лотков и воронок в горах Тянь-Шаня, где распространены близкие к Кунермскому участку горные породы — граниты и кристаллические сланцы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беленков А. А., Володичева Н. А., Трошкина Е. С. Снежно-лавинный режим Байкальского хребта. — В кн.: Материалы гляциологических исследований. Хроника, обобщения, вып. 27. М., 1976, с. 88.
2. Кочетков В. М. Сильное землетрясение в районе трассы БАМ. — В кн.: Геологические и сейсмические условия района БАМ. Новосибирск: Наука, 1978, с. 187.

3. *Алексеев В. Р., Сизиков А. И.* Лавинная денудация и осадконакопление.— В кн.: Снежные лавины хребта Удокан. Зап. Забайкальского филиала Геогр. о-ва СССР. Вып. 60. Чита, 1971, с. 122.
4. *Душкин М. А., Петкевич М. В., Ревякин В. С.* Лавины Центрального Алтая.— В кн.: Материалы гляциологических исследований. Хроника обсуждения. Вып. 16, М., 1970, с. 148.
5. *Трошкина Е. С., Салова Т. А.* Количественная оценка рельефообразующей роли снежных лавин.— В кн.: Гляциология горных областей (снежный покров, лавины, ледники Средней Азии). Л.: Гидрометеиздат, 1977, с. 119.
6. *Хрисанов В. А.* Масштабы современной денудации Кавказа (на примере Северной Осетии).— Геоморфология, 1979, № 4, с. 81.
7. *Иверонова М. И.* Рельефообразующая роль снежных обвалов в хребте Терксей-Алатау.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1961, № 3, с. 50.
8. *Пучкова Н. В.* К вопросу определения режима лавин.— В кн.: Уч. зап. Моск. гор. пед. ин-та им. В. П. Потемкина. Тр. геогр. ф-та. Т. 39, вып. 4. М., 1955, с. 143.
9. *Возовик Ю. И.* Послеледниковая история Хибин и развитие лавинных процессов в среднем и позднем голоцене.— В кн.: Снег и лавины Хибин. М.: Изд-во МГУ, 1967, с. 97.
10. *Будз М. Д.* Снежные лавины.— В кн.: Инженерная геология Прибайкалья. М.: Наука, 1968, с. 117.
11. *Будз М. Д.* Условия формирования селей в Прибайкалье.— В кн.: Оползни, сели, термокарст в Восточной Сибири и их инженерно-геологическое значение. М.: Наука, 1969, с. 60.

Институт земной коры
СО АН СССР

Поступила в редакцию
18.VIII.1980

DENUDATION DUE TO AVALANCHES AT NORTHERN BAIKAL REGION AS COMPARED WITH OTHER REGIONS OF THE USSR

AGA FONO V. P., MAKAROV S. A.

Summary

Value of denudation due to avalanches at the Northern Baikal region estimated by debris content in avalanche cones has been proved to depend considerably on geological conditions. If solid rock desintegrates into small pieces the denudation rate in avalanche troughs reaches 0,31 mm. per year, the value being more than by an order magnitude than the same value at the rocks forming large blocks in the weathering process (0,01 mm per year). The data for the North Baikal region are in good agreement with most data for other mountain regions of the USSR.

УДК 551.435.323(262.54)

А Р Т Ю Х И Н Ю. В.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И РАЗВИТИЯ АККУМУЛЯТИВНЫХ БЕРЕГОВЫХ ФОРМ АЗОВСКОГО МОРЯ

Одной из интересных особенностей морфологии побережья Азовского моря является существенное различие размеров надводных частей аккумулятивных образований Таганрогского залива и собственно моря. Параметры береговых аккумулятивных форм вершины залива не превышают 2—3 км, по направлению к морю их длина возрастает до 8 км. Косы открытой части достигают 20—30, а Федотова-Бирючий остров даже свыше 45 км (рис. 1). Средняя длина форм залива 4,6, моря 21,1 км (без косы Долгой).