

Условия развития эоловых процессов в Прибайкалье

Тюменцева Е.М. — кандидат географических наук, доцент кафедры географии, природопользования и туризма ВСГАО

Эоловые процессы проявляются на значительных пространствах Байкальской ФГС. Развитию этих процессов способствует целый комплекс природных и антропогенных факторов, связанных с засушливостью климата, активным ветровым режимом, незначительным снежным покровом, перевыпасом, высокой рекреационной нагрузкой и др.

Особенности развития эоловых процессов на побережье Байкала изучали многие геоморфологи Б.П. Агафонов, В.Б. Выркин, Т.Т. Тайсаев, С. Вика, В.А. Снытко и другие [12]. Обращалось внимание на географию, динамику и интенсивность процессов дефляции и эоловой аккумуляции. Наши исследования проводились маршрутными методами в 1993 г. в устьевых частях рек Багульдейки, Сармы, Анги, в Приольхонье и на Ольхоне. С 2005 г. по настоящее время наблюдения проводятся полустационарными методами на научной базе естественно-географического факультета ВСГАО, изучаются функционирование геоморфологических систем, в том числе и их эоловой составляющей в районе дельты р. Голоустной.

На западном побережье Байкала эоловые процессы наиболее активно проявляются в устьевых частях долин рек Сармы, Анги, Голоустной и др. Выделяются следующие виды дефляции — площадная — развевается поверхностный слой почвы в степи и на участках с нарушенным дерново-растительным покровом в лесу; и очаговая — на песчаных толщах с образованием движущихся эоловых форм [1]. Во многих местах западного побережья Ольхона вблизи заливов распространены массивы полукрепленных песков. Они образовались

в результате перевевания пляжевых песков. Форма массивов полукрепленных песков конусообразная, направленная острием в сторону острова. Ориентировка дюн служит подтверждением направления сильных и ураганных ветров, дующих с Приморского хребта. Наиболее интенсивно развевание происходит в урочище Песчанка. Здесь развиты многочисленные слабо закрепленные сосной дюны [7]. Колебание уровня воды в Байкале привело к активизации эоловых процессов в береговой зоне. На береговые склоны ветром были вынесены десятки тысяч кубических метров песка [См. 1]. Часть наносов отлагается у подножья склоновых уступов, нивелируя их поверхность.

В долине р. Анги на правом крутом борту ниже пос. Еланцы на высоте 30 м и более в виде «наплеска» залегают эоловые пески, видимая мощность которых составляет 3 м [13]. А в Тажеранской степи, по данным Г.Ф. Уфимцева и его соавторов [см. 13], в основании скальных стенок и в приподошвенных частях скальных останцов обычны ветровые ниши-забои (глубина 10–15 см при высоте до 50 см) и ячеи выдувания, указывающие на ветровое воздействие на скальные породы, вынос по воздуху обломочного материала. В бухтах Песчаная и Бабушка происходит интенсивное развевание песка от 2,4 до 34,1 мм/год [3]. Корни деревьев обнажаются, мощность снесенного из-под деревьев слоя достигает 2,5 м.

Ведущим природным компонентом, определяющим процессы развевания, переноса и аккумуляции эолового материала, является климат. Климат западного побережья Байкала определяется, с одной стороны, приморским положением

ем, с другой, нахождением в тени Приморского хребта. И хотя климатические показатели подвержены сильным изменениям в зависимости от крутизны и экспозиции склонов, в целом для усть-

евых частей долин характерна засушливость и сильные ветры. Годовое количество осадков в прибрежной части дельтовой равнины Голоустной 200–350 мм (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Основные климатические показатели (ГМС Б. Голоустное)

Год	Средняя год. температура, градусы С	Годовая сумма осадков, мм	Средняя годовая скорость ветра, м/с	Количество пыльных бурь
2005	+0,1	260,8	4,0	1
2006	-0,7	210,5	3,8	2
2007	+2,2	274,0	3,9	3
2008	+0,7	324,2	4,0	1
2009	-0,1	280,6	3,6	3

Разное качественное и количественное сочетание климатических показателей обуславливает и разную интенсивность экзогенных процессов.

Фактор климата (С) является наиболее важным показателем для определения потенциальной опасности развития ветровой эрозии. При его расчетах учитываются среднегодовая температура, годовое количество осадков, среднегодовая скорость ветра [2]. Анализ показателей в разных районах Сибири показал, что при С более 5 наблюдается очень сильная дефляция. За 2005–2010 гг. в дельте Голоустной этот показатель изменялся от 6 (2009 г.) до 12 (2007 г.). В среднем за последние пять лет его значение равнялось 9.

Пыльные бури являются наиболее активным фактором современного экзоморфогенеза в степной зоне [8]. Количество пыльных бурь, согласно данным ГМС Б. Голоустное, за анализируемый период в среднем две за год. Пылевые бури чаще всего наблюдались весной в марте – мае, в 2009 и 2010 гг. пыльные бури наблюдались в сентябре. В 2008 г. в связи с наличием участков поверхности почвы лишенных снега пыльная буря наблюдалась в декабре. Возникновение пыльных бурь приурочено к легким по гранулометрическому составу черно-

земным и каштановым почвам. Почвы в районе исследования высоко каменисты, имеют суглинистый состав мелкозема, обогащены гумусом [7]. Верхний горизонт пылеватый. Легко развевается. Эродируемость или дефлируемость почв является важнейшей интегральной характеристикой, определяющей устойчивость почвы к разрушающему воздействию ветра. Для чернозема южного легкосуглинистого эродируемость равняется 5,9 т/га час, критическая скорость развевания 7,9 м/с, для чернозема обыкновенного легкосуглинистого соответственно — 3,2 и 7,4, для каштановой легкосуглинистой почвы соответственно 5,1 и 7,3 [9]. Образование пыльных бурь обусловлено сильными ветрами.

Ветровой режим. По происхождению ветры в котловине Байкала бывают проходные и местные. Первые связаны с прохождением над озером атмосферных фронтов. Местные ветры возникают из-за разницы температур воздуха над водой и сушей. Синоптические условия осложняются рельефом побережья. В течение года в разных районах Прибайкалья насчитывается от 18 до 148 штормовых дней. В районе дельты Голоустной в среднем составляет 52. В их числе около 20 случаев ураганных ветров. Средняя годовая скорость ветра за по-

следние 6 лет составила для Б. Голоустного 3,9 м/с. В отдельные годы может достигать 5, 6 м/с.

Ветровые нагрузки (дефляционный потенциал ветра) в устьевой части Голоустной изменялись от 109 (2009) до 145 (2008). В годовом режиме ветровых нагрузок выделяются три сезонных пика — зимний (декабрь-январь), весенний (апрель, май и раннеосенний (сентябрь) (рис. 1). Наиболее сильные и эрозионноопасные кратковременные по длительности ветры северных румбов — северные и северо-западные — (местное название «горная»), возникающие при прорыве холодных воздушных масс через узкие долины Приморского хребта. «Горная» характеризуется исключительной порывистостью, всегда дует поперек озера и по сравнению с другими байкальскими ветрами обладает наибольшей продолжительностью — с августа по декабрь. Особой силы, до 40 м/с, ветер достигает в районе Сармы (местное название «Сарма») и в долине «Голоустной» (местное «Харахаиха» или «Тархаиха»). Часто эти ветры называют байкальская бора. «Скорость сармы ужасающая, достигает скорости на-

стоящего урагана. На Байкале перед «сармой» стоит спокойная погода, а над Приморским хребтом ряды снежно-белых кучевых облаков постепенно сгущаются в темный, четко очерченный вал, клочья и полосы от которого начинают срываться к берегу и воде, ветер поднимает в воздух водяную пыль и оставляет на поверхности озера широкие полосы ряби. Вал сваливается по склону, раздается грозный свист ветра, переходящий в гул и грохот. Сметая все на пути, «сарма» устремляется в Малое море и пролив Ольхонские ворота [4]. По мнению Т.Т. Тайсаева, именно под воздействием горного ветра — сармы — вдоль западного побережья Байкала возникли сухие каменистые степи с лощинно-грядовым рельефом, с котловинами выдувания, с сульфатными озерами [10].

В долине р. Бугульдейка северо-западный горный ветер разрушительной силы удерживается до 4 суток. Ветер несет пыль и мелкую гальку, валит людей с ног. В период, когда дует «багульдейка» не выгоняют скот на пастбища.

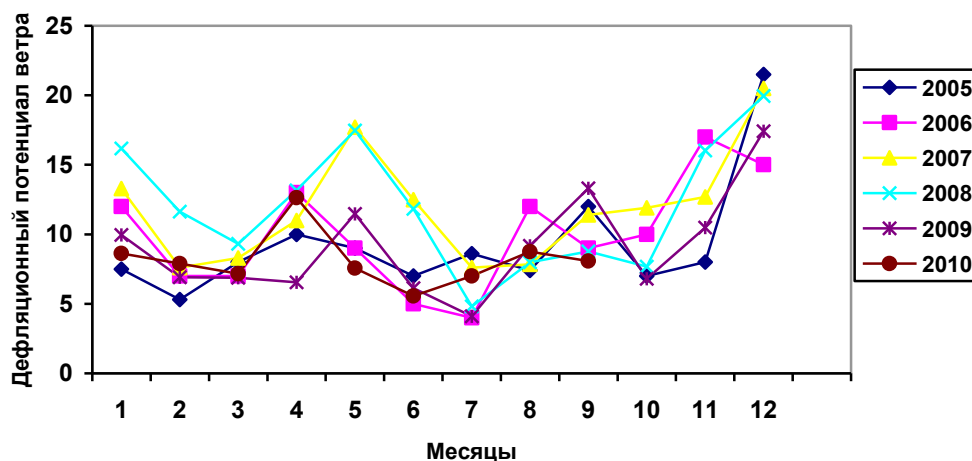


Рис. 1. Годовая динамика ветровых нагрузок

Харахаиха зарождается в боковом ущелье Тархай Приморского хребта. Харахаиха, свирепствуя зимой, начисто

сдувает снег с поверхности льда перед устьем реки и уносит все, что на нем находится, до ближайших торосов.

За период наблюдения дефляционный потенциал ветров северо-западного румба достигал 10–14. Все случаи катастроф на Байкале имели место при ветрах северо-западной четверти. К такому случаю следует отнести гибель научно-исследовательского судна «Шокальский» в районе мыса Красный Яр, происшедшую утром 2 августа 1983 г. в километре от берега на глазах многочисленных очевидцев [см. 4]. На фоне сильной горной на воде при одновременном действии продольных ветров образовался исключительно редко наблюдаемый на Байкале смерч, который и перевернул неустойчиво державшееся на высоких волнах судно. Некоторое время оно держалось наплаву вверх килем, совершая круговые движения, пока не затонуло. Скорость ветра при этом достигала 40 м/с.

Слабые ветровые нагрузки типичны для позднелетнего периода (февраля-марта), летнего периода, особенно июля, и октября (см. рис. 1). В июле и августе доминируют ветры восточных румбов со слабой эродирующей способностью (τ) от 0,01–0,02 до 1–2. Над Байкалом в этот период формируются местные байкальские антициклоны. С мая по август, когда велик температурный контраст суша – озеро, создаются благоприятные условия для развития бризовой циркуляции. Бризовые потоки на Байкале усиливаются горно-долинными ветрами, дующими днем вверх, а ночью вниз по склонам гор. Летом на озере мощность ночного бриза меньше дневного. Днем преобладают потоки, направленные с озера на берег, ночью — с суши на озеро. Неравномерное нагревание лежащих рядом участков суши и воды и воздуха над ними рождает легкие порывистые ветры, быстро и хаотически меняющие направления. Они зарождаются в ранние утренние и поздние вечерние часы, носят названия «зарянки». Порывистость — одна из важнейших особенностей ветрового режима. Таким образом, ветер является ведущим фактором для функционирования геоморфологических систем. Ветер влияет на влагооборот, перераспределяя снег по поверхности.

Снежный покров в устьевой части долины Голоустной залегает неравномерно. Изучение особенностей залегания снежного покрова в дельте Голоустной проводилось в течение 3-х холодных сезонов 2009–2011 гг. Зимы в период наблюдений были средне снежными.

В 2008–2009 г. в нижней части дельтовой равнины на рукаве Голоустной наблюдалась мощная наледь. Она занимала площадь 0,05 кв. км. В последние два года наледь не выходила за пределы русла. Наблюдения, проведенные 1 февраля 2009 г. показали, что высота снежного покрова на равнине составляла 1–2 см. В понижениях рельефа мощность снежного покрова достигала 3–6 см. Хорошо развитый травостой способствовал накоплению снега. Например, в понижении центральной поймы, заросшем ковылем, наблюдались снежные косички с максимальной высотой снега 18 см (рис. 2, см. в конце статьи).

В холодный период 2009–2010 г. на поверхности поймы снег отсутствовал или залегал пятнами 18 x 20 x 2 см; 35 x 20 x 2 см. Вдоль борта террасы ширина полосы снега составляла 7 м, средняя толщина ее — 5 см. У подножья крутого склона средняя мощность снега равнялась 8 см. По склону высота снега менялась в зависимости от микрорельефа: в понижении она достигала 28 см, на большей части склона от 0 до 10 см. На опушке леса 17 см, в смешенном сосново-лиственничном лесу с березой и осиной — 17–20 см. Известно, что из всех хвойных лесов сосновые леса обладают самыми высокими снеготопками, а наибольшие снеготопки накапливаются в лиственных и лиственничных лесах [6]. На склоне северной экспозиции Приморского хребта мощность снега изменялась от 10–20 см. Плотность снега менялась от 0,12 г/см в лесу до 0,21 на равнине.

Снегосъемка в середине марта 2011 г. показала следующие особенности распределения снега. На пойменной части дельтовой равнины снега практически не было. Он задерживается только в отрицательных формах микрорельефа, где его высота равнялась 8–10 см (рис. 3, см. в конце статьи). На поверхности подтаявшего снега наблюдались ядра мелкозема (рис. 4, см. в конце статьи). На склонах обращенных к Байкалу снег залегал мощностью 5–15 см. Овражек на крутом склоне полностью был заполнен снегом. У бортов оврага высота снега 20–40 см, в днище его высота от 60 до 90 см. Накапливался снег и в кустарниковых зарослях крушины в экотонных зонах между степью и лесом. Высота надува снега в одном из кустов протяженностью 6 м достигала 40 см, по краям надува мощность снега составляла 15

см. Плотность снежного покрова 0,18 г/куб. см до 0,24 г/куб.см. Запасы воды в снеге 30–45 мм, в овраге 600 мм.

Для исследуемого ландшафта продолжительность залегания устойчивого снежного покрова составляет в среднем 120–140 дней.

Таким образом, ветер перераспределяет снег по поверхности: 15% территории дельтовой равнины лишено снежного покрова, и это активные очаги дефляции, 75% покрыто незначительным слоем снега и 10% — это отрицательные формы микрорельефа, где снег накапливается [11].

Интенсивность эоловых процессов активна в течение всего холодного периода года. Этому способствует пылевая структура верхнего почвенного горизонта, мощностью 2–3 см. Об активном проявлении переноса пыли по поверхности дельтовой равнины свидетельствует запыленность поверхности снега (рис. 5, см. в конце статьи) и накопление в снежном покрове мелкозема. Содержание пыли составляло к периоду снеготаяния 0,1 до 1,5 г/куб. м в 2009–2010 г. Невысокие величины накопления мелкозема в снеге указывают на то, что дельтовая равнина является зоной выдувания, активной дефляции. Дефляция здесь имеет площадной характер. Но в региональном отношении на западном побережье Байкала она наиболее активно проявляется локально в устьевых участках долин рек. Ветровой поток, воздействуя на земную поверхность, выдувает мелкозем, пыль и песок, меняет микрорельеф. Дефляция преобладает на поверхности крутых склонов и по вершинам грив на пойме. На аэрофотоснимке это самые светлые участки (рис. 6, см. в конце статьи). При направлении ветра с Байкала на сушу рыхлый материал перемещается вверх по уклону на склоны Приморского хребта. Активная аккумуляция пыли наблюдается на поверхности листьев деревьев и траве. При направлении ветра в сторону Байкала самые мелкие частицы оседают на водную поверхность. Так, твердый осадок в снеге при зимнем эоловом переносе на 45 % состоял из частиц пород западного берега [5].

Противостоит развитию дефляции растительность. Склоны Приморского хребта заняты сосново-лиственничным лесом с березой и осиной в подлеске рододендром даурским, спиреей, на дельтовой равнине разнотравно-

злаковая и мелкодерновинно-злаковая степь.

В засушливые годы дельта имеет сухостепной облик с доминированием ксерофитов, в годы со средним и повышенным увлажнением ее облик близок к настоящей или луговой степи, что, по мнению В.А. Кузьмина [7] согласуется с морфологией почв. Под влиянием сильных ветров у деревьев происходит деформация крон. В нижней части ствола у поверхности почвы формируются «тапочки», усыхают и искривляются верхушки, формируются однобокие кроны в виде флагов. Ветер влияет и на степную растительность. За куртинами астрагалов, полыни, овсеца, ковыля возникают небольшие ветровые тени, здесь накапливается пылевые частицы. В составе степного травостоя на дефлируемых почвах большую роль играют растения псаммофиты, такие как термопис ланцетный, остролодочник шерстистый, астрагалы и др. Травостой в степях достигает наибольшей сложности и накапливает максимальную зеленую массу в середине-конце июля. В период максимального развития травостоя его высота его составляет 30–80 см в благоприятные годы и 10–20 см в неблагоприятные. Вертикальная структура представлена 2–4 ярусами в разнотравных ценозах и 1–2 в литоморфных фациях на вершинах склонов, пойменных грив и поверхностях террас. Видовое разнообразие достигает 60 видов, максимум зеленой массы 150–200 г/куб.м. Растительный покров не только предохраняет почву от дефляции, но на растениях аккумулируется пыль из ветрового потока в связи с резким падением скорости ветра. Максимальное количество мелкозема задерживается в ярусе 0–15 см, на который в степях приходится основная часть растительной массы. Накопление пыли на растениях за вегетационный сезон составляла 1,5–2 г/куб. м во влажный теплый сезон и до 15–20 г/куб. м в аридный.

Для определения активности современных экзогенных процессов рельефообразования был проведен эксперимент. На крутом степном склоне южной экспозиции были выбраны две площадки размером 0,5 x 0,5 м, с поверхности которых был удален обломочный материал. По количеству вновь появившихся дресвы и щебня можно судить о интенсивности денудации поверхности (табл. 2, рис. 7 а–з).

Т а б л и ц а 2

Параметры и количество обломочного материала, собранного в верхней и средней частях склона горы Подкаменной (пл. 1 и 2 соответственно)

Размер фракции, мм	2006		2007		2008		2009	
	1	2	1	2	1	2	1	2
51-100	11	10	1	-	3	-	3	0
21-50	139	246	31	19	44	51	35	51
11-20	329	667	53	123	209	312	138	154
6-10	450	1501	70	432	1684	1670	247	300

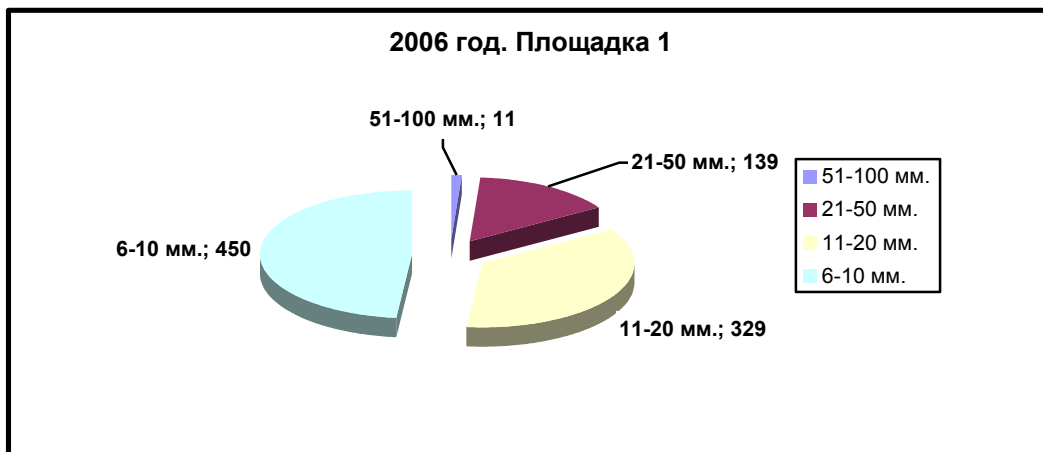


Рис. 7а

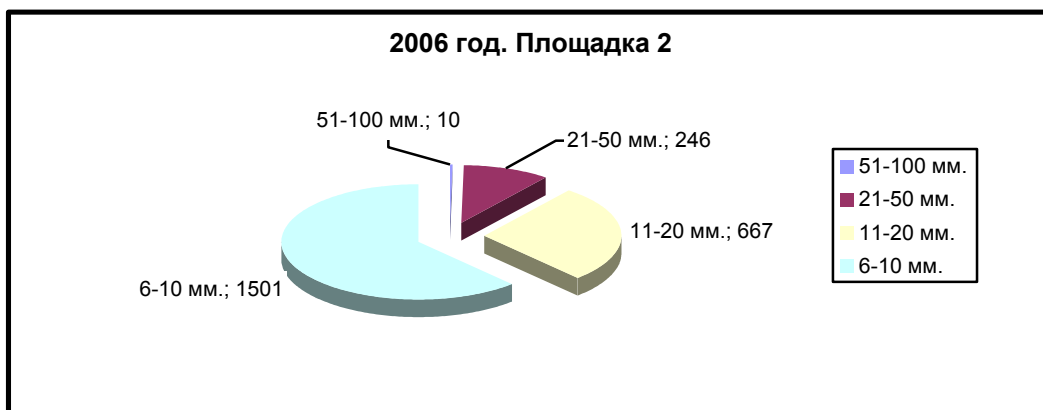


Рис. 7б

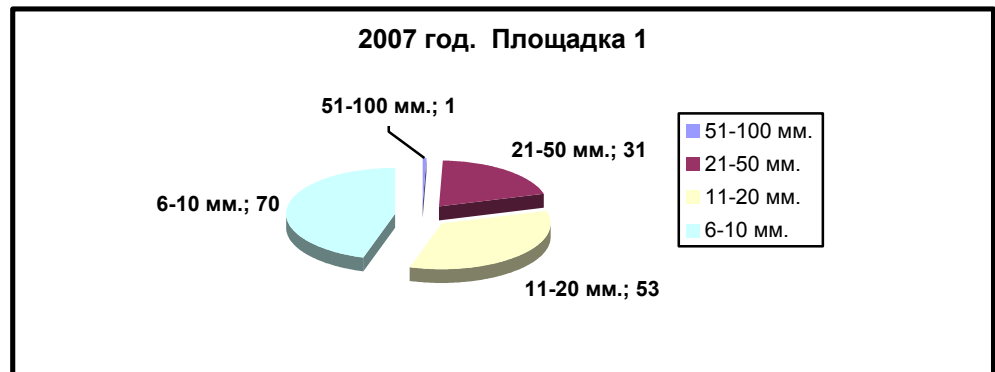


Рис. 7в

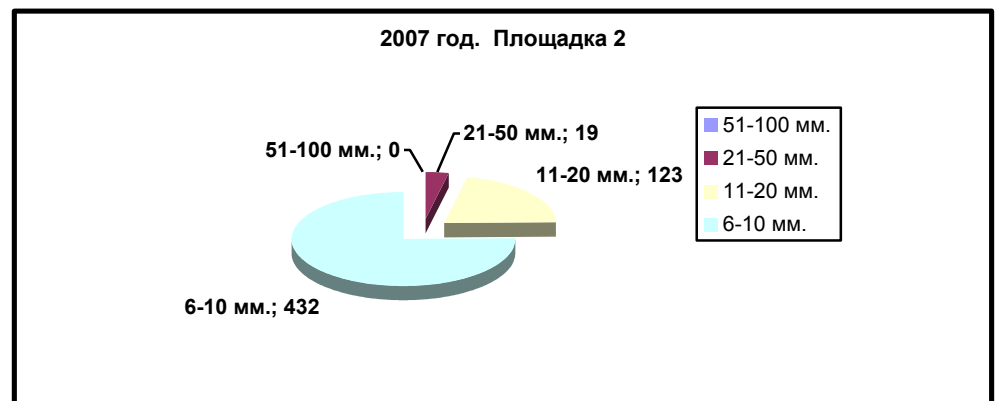


Рис. 7г

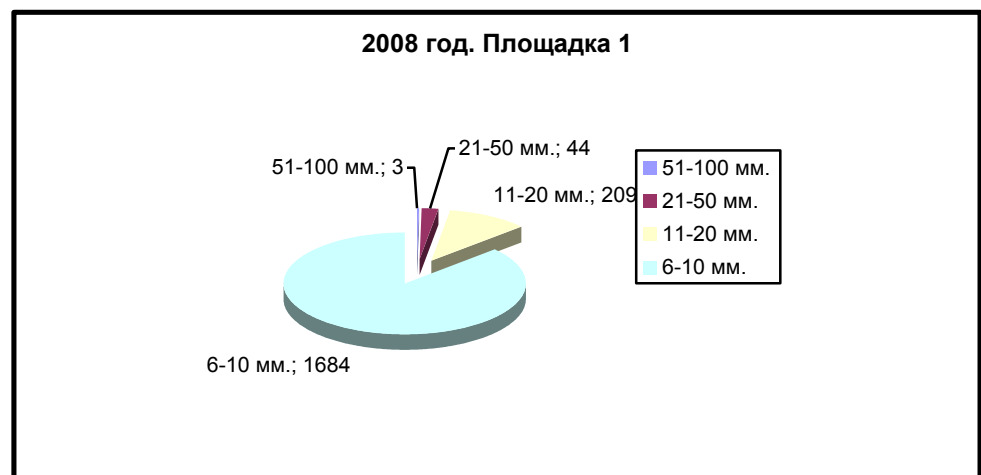


Рис. 7д

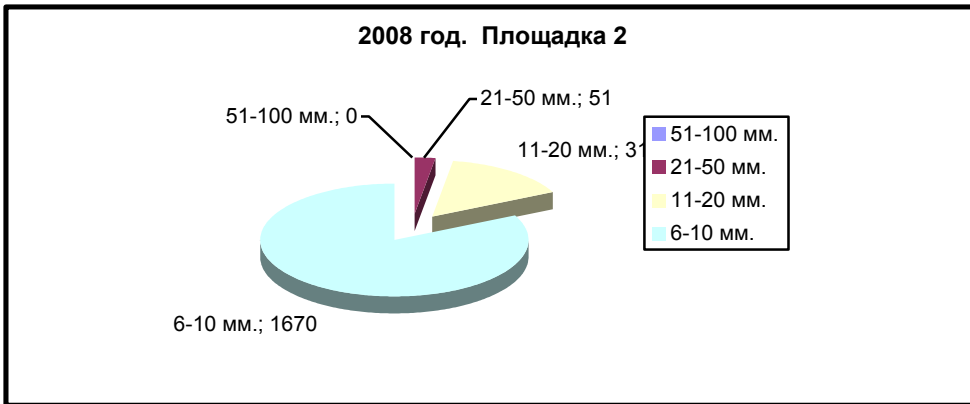


Рис. 7е

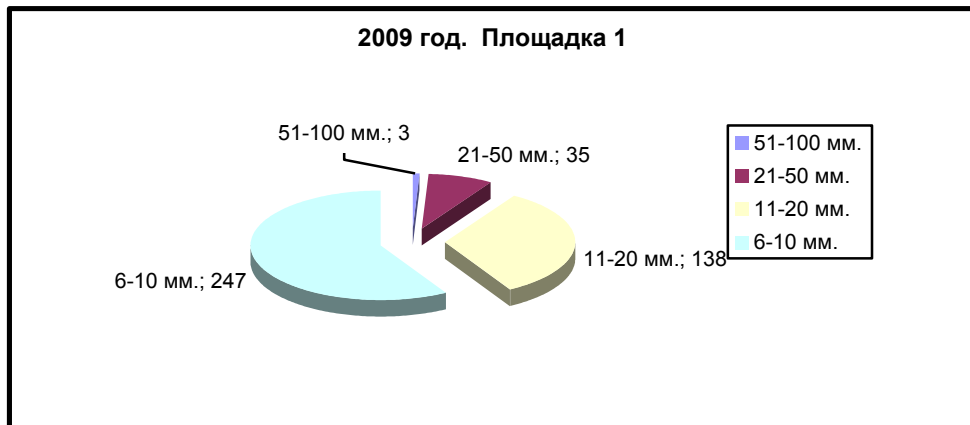


Рис. 7ж

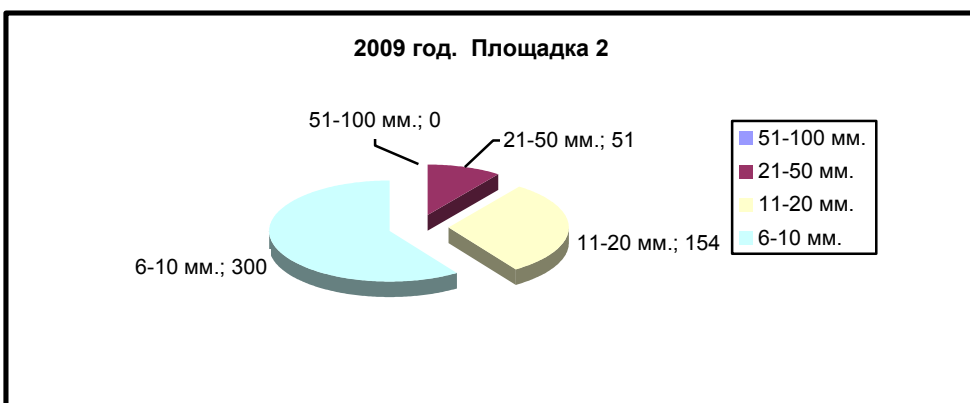


Рис. 7з

Больше всего появляется мелких обломков (рис. 8, см. в конце статьи). Дресва представлена преимущественно обломками известняков, песчаников, алевролитов карбонатных с примесью гальки гранитов, кварца гранитогнейсов, эффузивов (определения сделаны к.г.-м.н. С.Н. Коваленко).

Наряду с эоловыми процессами появлению обломочного материала на площадках способствует водная эрозия (поверхностный смыв и мелколучейковая эрозия). Во время ливней на склоне образуются временные потоки, в результате эрозионной работы которых и образуются микроложбинки шириной до 5–10 см, русло которых выстелено дресвой, а мелкозем вымывается. Таким образом, мелкозем уносится водой и ветром, поверхность склонов бронируется обломочным материалом вымытым на месте и принесенным извне.

Еще одним фактором, влияющим на интенсивность и объем переноса вещества, является антропогенная нагрузка. Установлено, что эоловые процессы отличаются повышенной чувствительностью к антропогенным воздействиям. У населенных пунктов в степях Прибайкалья выпасаются крупнорогатый скот, овцы и лошади. 16 марта 2011 г. у базы практик пос. Большое Голоустное наблюдали табун лошадей из 23 особей. Степной травостой (ветошь) был сильно объединен животными. Кругом были видны отходы их жизнедеятельности. После первых дождей растительность получает органические удобрения, что, по видимому, играет положительную роль в ландшафте. На склонах за поселком наблюдается тропинчатость (рис. 10, см. в конце статьи), что также указывает на высокую антропогенную нагрузку. Механическое воздействие копыт животных нарушает плотность поверхности, сцепление обломков, что активизирует движение гравигенных потоков вниз по поверхности склонов.

На равнине наблюдается густая сеть проселочных дорог. Нагрузка на них

особенно сильная летом, когда сюда приезжают многочисленные отдыхающие и туристы не только из Иркутска, но и из других городов (рис. 9, см. в конце статьи). В местах усиленной нагрузки образуются поляны вытаптывания без растительного покрова с расплывленным верхним почвенным горизонтом. Дефляция на таких участках протекает активнее и увеличивается мощность перемещаемого вещества. Таким образом, на западном побережье Байкала эоловые процессы играют важную роль в формировании современного экзогенного рельефа на локальном и региональном уровне. Ведущим фактором влияющим на функционирование геоморфологических систем является климат (ветровой режим, режим осадков, мощность и длительность залегания снежного покрова). В последние годы на побережье Байкала усиливается антропогенный пресс, который приводит к увеличению площадей с нарушенным почвенно-растительным покровом.

Литература

1. Агафонов Б.П., Овчинников Г.И., Снытко В.А., Щипек Т. Эоловые фации побережий озера Байкал и Братского водохранилища // Геогр. и природ. ресурсы. – 2001. – № 3. – С. 92–98.
2. Баженова О.И., Любцова Е.М., Рыжов Ю.В., Макаров С.А. Пространственно-временной анализ динамики эрозионных процессов на юге Восточной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1997. – 208 с.
3. Вика С., Мартыанова Г.Н., Снытко В.А., Щипек Т. Бухта Песчаная на Байкале (развеваемые пески и их окружение). – Иркутск, 1999.
4. Брянский В.П. Здравствуй Байкал. – Иркутск: Восточно-Сибирское книжное изд-во, 1989. – 288 с.
5. Вологина Е.Г., Потемкин В.Л. Характеристика эолового переноса в зимний период в районе Академического хребта озера Байкал // Геология и геофизика. – 2001. – Т. 42, № 1–2. – С. 258–266.

6. *Грудинин Г.В.* Изучение внутриландшафтной дифференциации снежного покрова и его структуры.– Иркутский государственный педагогический институт, 1990.– 87 с.

7. *Кузьмин В.А.* Почвы центральной зоны Байкальской природной территории.– Иркутск, 2002.– 168 с.

8. *Сажин А.Н.* Географические закономерности современной дефляции в степях Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. Автореферат диссертации. М., 1995.– 35 с.

9. *Тайсаев Т.Т.* Эоловые процессы в Приольхонье и на о. Ольхон (Западное Прибайкалье) // Докл. АН СССР. – 1982. – Т. 265, № 4. – С. 948–951.

10. *Тайсаев Т.Т.* Рельеф и геохимия ландшафта // Отечественная геоморфология: прошлое, настоящее, будущее: Материалы

Пленума Геоморфологической комиссии РАН. – СПб, 2008. – С. 177–179.

11. *Тюменцева Е.М.* Ландшафтообразующая роль ветра на западном побережье озера Байкал // Геогр. и природ. ресурсы. – 2009.– № 3.– С. 61–67.

12. *Тюменцева Е.М.* Эоловый морфогенез: теория, история изучения и современное состояние // Теория геоморфологии и ее приложение в региональных и глобальных исследованиях. Материалы Иркутского геоморфологического семинара, Чтений памяти Н.А. Флоренсова.– Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2010.– С. 132–133.

13. *Уфимцев Г.Ф., Сквитина Т.М., Филинов И.А., Щетников А.А.* Особенности рельефа Приольхонья // Геогр. и природ. ресурсы.– 2010.– № 4.– С. 56–62.



Рис. 2. Снежные комочки в понижении на высокой пойме



Рис. 3. Распределение снега по дельтовой равнине в марте 2011 г.



Рис. 4. Частицы мелкогозема в снеге



Рис. 5. Запыленность поверхности снега у подветренного берега рукава Голоустной (март 2011 г.)

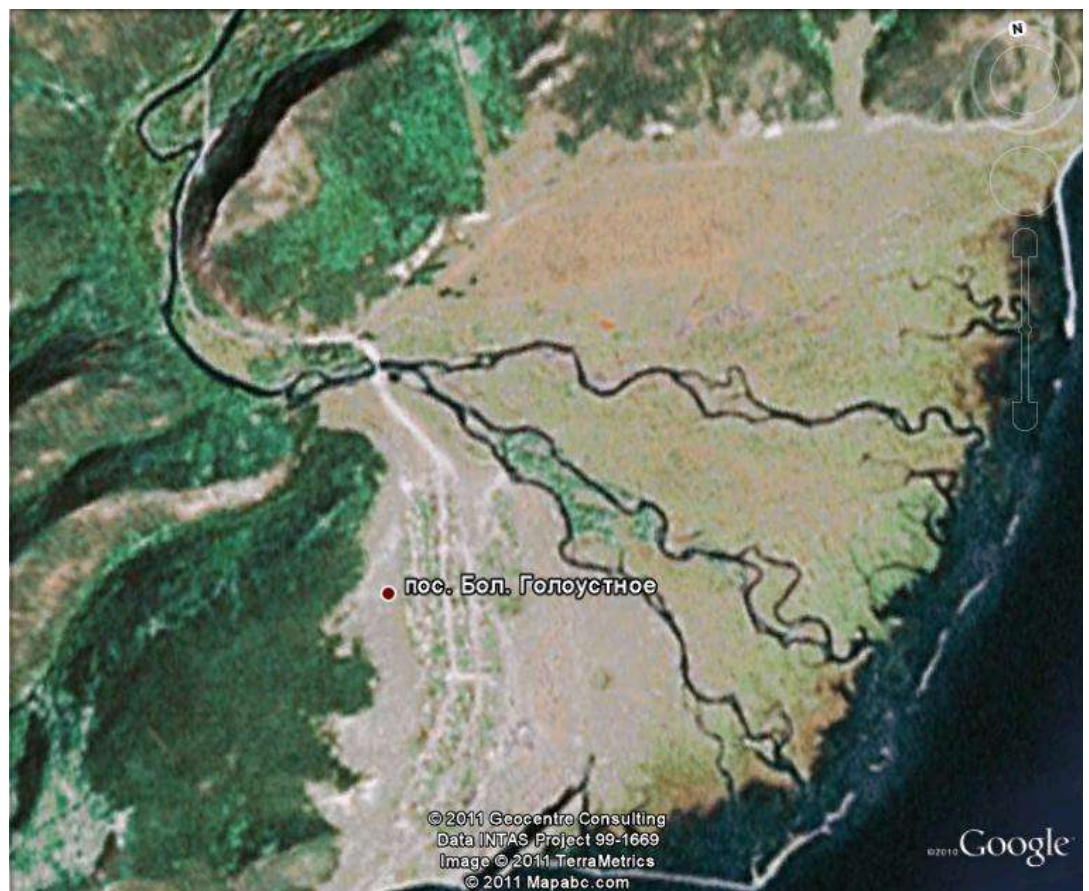


Рис. 6. Участки дельтовой равнины наиболее подверженные дефляции (оконтурены точечным пунктиром)



Рис. 8. Динамика заполнения обломочным материалом поверхности на экспериментальных площадках



Рис. 9. Автотуристы



Рис. 10. Тропинчатость на склонах