

Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки

Геннадий Петрович СКРЫЛЬНИК¹
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, skrylnik@tigdvo.ru

Иван Иванович КРЫЛОВ²
кандидат географических наук, старший научный сотрудник

Анатолий Николаевич КАЧУР³
кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник
kachur@tigdvo.ru, orcid 0000-0002-2150-1512

Владимир Николаевич НЕВСКИЙ⁴
кандидат географических наук, старший научный сотрудник
nevsky@tigdvo.ru, orcid 0000-0003-2956-3395

^{1,2,3,4}Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

Аннотация. Жанр предлагаемой статьи соответствует геоморфологическому или научно-географическому очерку. В ней достаточно подробно описан весь спектр экзогенных геоморфологических процессов Чукотского автономного округа (преимущественно Чукотского полуострова), включая комплексы криогенных, гляциально-нивационных и склоновых гравитационных процессов, а также русловые процессы – эрозию и селевые потоки. Упомянуты и незональные процессы, в частности эоловые (формирование дюн). Отмечено, что наблюдаемый набор экзогенных процессов, их активность и совместное действие обусловлены уникальностью климатической обстановки – соседством и взаимопроникающим влиянием большого участка суши в пределах субарктического и арктического поясов и морей двух океанов с различными гидрофизическими условиями. Наблюдения и выводы авторов касаются не всей территории округа, однако следует учесть, что подобного описания комплекса экзогенных геоморфологических процессов Чукотки до сих пор нет. Статья может представлять интерес для геоморфологов и географов любого профиля, так как дает хоть и краткое, но достаточно емкое описание современной динамики рельефа округа. Отдельно отмечены антропогенные факторы современного рельефообразования, главным из которых является пирогенный. Именно он способен обусловить существенную трансформацию ландшафтов, что в свою очередь неизбежно влияет на структуру и активность экзогенных геоморфологических процессов. Однозначных выводов о каких-либо тенденциях в современном рельефообразовании авторы не делают в силу ограниченной продолжительности периода наблюдений в данном регионе, но высказывают предположение об усилении аридизации климата и дальнейшей активизации криогенных процессов.

Ключевые слова: Чукотка, экзогенные геоморфологические процессы, криогенные процессы, гляциально-нивационные процессы

Для цитирования: Скрыльник Г.П., Крылов И.И., Качур А.Н., Невский В.Н. Структура современных экзогенных геоморфологических процессов Чукотки // Тихоокеанская география. 2023. № 4. С. 38–51. https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4. EDN: JQENKA.

Original article

The structure of modern exogenous geomorphic processes in Chukotka

Gennadiy P. SKRYLNIK¹

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate, skrylnik@tigdvo.ru

Ivan I. KRYLOV²

Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate

Anatoliy N. KACHUR³

Candidate of Geographical Sciences, Leading research associate
kachur@tigdvo.ru, orcid 0000-0002-2150-1512

Vladimir N. NEVSKY⁴

Candidate of Geographical Sciences, Senior research associate
nevsky@tigdvo.ru, orcid 0000-0003-2956-3395

^{1,2,3,4}Pacific Geographical Institute of FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. The genre of the proposed article corresponds to a scientific-geographical or geomorphological essay. It describes in detail the whole spectrum of exogenous geomorphic processes in the Chukotka Autonomous District (Far East of Russia), including a complex of permafrost (cryogenic) processes on slopes and subhorizontal surfaces, a complex of glacial-nivation processes, a complex of slope gravity processes traditional for mountainous territories, and also channel processes - erosion and mudflows. Non-zonal processes are also described, for example, eolian ones (the formation of dunes). It is noted that the observed set of exogenous processes, their activity and joint action on the same surfaces are due to the uniqueness of the climatic situation, i.e., the proximity and interpenetration of a large land area within the subarctic and arctic belts and the seas of two oceans with different natural-physical conditions. The observations and conclusions of the authors cannot be called strictly systemic, but it should be taken into account that there is still no such description of the entire system of exogenous geomorphic processes on the territory of Chukotka. The article may be of interest to geomorphologists and, in general, geographers of any profile, as it gives a concise and, at the same time, a brief description of the modern dynamics of the relief of the Chukotka District. Separately, anthropogenic factors of modern relief formation are noted, the first of all pyrogenic one. It is the latter factor that can cause a significant transformation of the landscapes of Chukotka, which, in turn, will inevitably affect the structure and activity of exogenous geomorphic processes. The authors do not make unambiguous conclusions about any trends in modern relief formation due to the limited duration of the observation period in this region, but they suggest an increase in climate aridization and further activation of cryogenic processes.

Keywords: Chukotka, exogenous geomorphic processes, cryogenic (permafrost) processes, slow slope mass movement, glaciation-nivation processes.

For citation: Skrylnik G.P., Krylov I.I., Kachur A.N., Nevsky V.N. The structure of modern exogenous geomorphic processes in Chukotka. *Pacific Geography*. 2023;(4):38-51. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_16_4.

Введение

Морфоструктурные черты территории Чукотки (Чукотского автономного округа) обусловлены в значительной степени древностью рельефа [1], а морфоскульптурные – морфогенетическим разнообразием относительно молодых геосистем. Развитие рельефа и формирование его тенденций происходят в обстановках повышенной сейсмической напряженности и своеобразного климата Субарктики, обусловленного взаимодействием двух основных системообразующих влияний – континентального и океанического [1]. Под воздействием антропогенного пресса возможно возникновение новых модификаций современных форм рельефа.

Северо-восток Чукотки, в т.ч. почти весь Чукотский п-ов, заняты Чукотским нагорьем, представленным системой средневысотных хребтов и массивов со средней высотой 800–1000 м и максимальной – до 1887 м (г. Исходная, Чантальский хр.). С севера, востока и юга нагорье окружено низменностями (Чаунской, Ванкаремской, Анадырской) (рис. 1). В северной части полуострова хребты сложены главным образом сланцами и песчаниками, прорванными гранитами, а в южной части – вулканогенными отложениями.



Рис. 1. Обзорная карта Чукотского автономного округа

Fig. 1. The overview map of Chukotka

Климат округа суровый: на побережьях холодный, морской; во внутренних районах – холодный, резко континентальный (см. табл.).

Среднеголетние показатели температуры воздуха, атмосферных осадков, скорости ветра [2]

Average annual indicators of air temperature, precipitation and wind speed

Метео-станция	Температура воздуха, °С			Атмосферные осадки, мм			Высота снежного покрова, см			Скорость ветра, м/с	
	Т ср.	Т абс. макс.	Т абс. мин.	XI–III	IV–X	Год	Н ср.	Н макс.	Н мин.	V ср.	V макс.
Анадырь	-7,6	+27	-47	140	204	331	19	34	6	6.6	40
Марково	-8,8	+32	-60	103	229	330	67	136	27	2.6	34

Цель исследований состояла в выявлении структурообразующих особенностей рельефа и его морфодинамики Чукотки в условиях своеобразного климата. Иными словами,

свою задачу авторы видели в том, чтобы представить полную на данный момент картину системы экзогенных геоморфологических процессов.

Материалы и методы

Статья является своеобразным обобщением полевых наблюдений И.И. Крылова (в 1990-х гг.) и Г.П. Скрыльника (в 1970-х гг.) в отдельных точках региона, анализом доступных литературных источников и космических мелкомасштабных снимков и космических изображений Google Earth. В частности, сведения о лавинах были получены из научных и региональных новостных публикаций, а локализация наледей и некоторых очагов формирования селей была отслежена по космическим изображениям. При анализе были применены сравнительно-географический, информационный и палеогеографический методы.

Результаты и их обсуждение

Развитие геосистем Чукотки протекает под влиянием континента и океана. В ходе их многофакторного взаимодействия активизируются те или иные экзогенные геоморфологические процессы (ЭГП). В первом случае активизируются мерзлотные рельефообразующие процессы, а во втором – гляциально-нивационные.

Применительно к данной территории можно выделить следующие группы ЭГП:

– склоновые: а) быстрые собственно гравитационные (обвалы, осыпи, оползни, оползни-сплывы, оплывины, лавины, осывы); б) массового смещения рыхлого материала, преимущественно криогенного генезиса (крип, десерпция и дефлюкция; солифлюкция медленная и быстрая в базовых определениях Ч. Дэвисона, С.С. Коржуева, Дж. Андерссона, Г.Ф. Грависа, С.С. Воскресенского [3]);

– флювиальные и морские: речная эрозия и аккумуляция, абразия и аккумуляция;

– криогенные гидродинамические (локализованные на субгоризонтальных поверхностях: морозобойное трещинообразование, полигонально-жильное льдообразование, формирование полигональных блоков рельефа, формирование курумов элювиального типа);

– гляциальные и нивационные;

– термокарст, термоэрозия, наледные процессы;

– эоловые;

– карстовые и суффозионные.

Отдельно следует отметить антропогенные (техногенные) процессы.

Обвалы и осыпи. Наибольшая пораженность территории этими процессами характерна для среднегорья Чукотки, склоны которого местами превышают крутизну 35° , и сильно расчлененного низкогорья с такими же склонами. Обычно обвалы развиваются по крутым и отвесным склонам речных долин и трогов, на стенках каров и цирков и на скалистых склонах абразионных берегов (преимущественно Берингова моря). Осыпи, как правило, сочетаются с обвалами (рис. 2). У подножия крутых склонов речных долин и выходов коренных пород на междуречьях осыпи образуют мощные конусы и шлейфы; на некоторых участках осыпи занимают небольшие площади. Осыпи, развитые в водосборных воронках и в верховьях водотоков, часто являются очагами формирования селей.



Рис. 2. Осыпной склон на левобережье р. Анадырь. Фото А.В. Галанина

Fig. 2. Talus slope near the Anadyr River (photo by A. Galanin).

Оползни и оползни-сплывы. Наибольшая частота оползней характерна для приморских равнин, особенно вдоль береговых уступов на побережье Берингова моря и на северном побережье Чукотки. Их сопровождают оплывины и осовы. Оползни нередко формируют оползневой берег на протяжении нескольких километров. По глубине захвата склона оползни Чукотки относятся к поверхностным и мелким. Высота уступа оползневого цирка в среднем составляет 1–2.5 м, но на побережьях достигает 3–3.5 м. Активизация оползней наблюдается в начале августа. На берегу зал. Лаврентия отмечен древний оползневой цирк, в днище которого активизировались несколько мелких оползней. Этот район отличается высокой степенью горизонтальной расчлененности оврагами. Иногда на оползневом участке отмечается несколько ярусов оползней.

Оползни-сплывы отмечаются повсеместно на побережьях, по бортам термокарстовых котловин и на делювиально-солифлюкционных склонах.

Лавины. Продолжительность лавиноопасного периода на Чукотке составляет 8 месяцев. Наибольшая лавинная опасность возникает в области интенсивно расчлененного среднегорья и низкогорья. Климатическими факторами образования лавин являются частые метели и связанные с ними ветровые снежные надувы и снегопады. Одна из главных причин схода лавин – формирование слоев разрыхления (горизонтов глубинной изморози) с ослабленными в них прочностными связями. В силу местных климатических особенностей в прибрежных областях лавины могут быть как сухими (зимой), так и мокрыми.

Для низкогорья Чукотки более характерны лотковые лавины и лавины-осовы. Уместно отметить несколько наиболее известных лавин:

1) 6 октября 1964 г. в районе г. Иульгин сошла лавина, которая снесла буровую вышку. В течение нескольких дней до ее схода отмечались снегопад, метель, оттепель, дождь. Крутизна склона в месте схода лавины составляла 25–30° при высоте лавиносбора над днищем долины 300–400 м;

2) в начале ноября 1982 г. в районе пос. Вешкап лавина сошла после 2–3-дневного снегопада, сформировавшего 40-сантиметровый слой снега. В водосборной воронке ручья на отметке около 500 м образовался козырек, который сорвался при сильном порыве ветра. Лавина засыпала и частично повредила вахтовый поселок Восточно-Чукотской геолого-разведочной экспедиции, находившийся на отметке около 300 м.

3) 22 декабря 2019 г. вблизи пгт. Эгвекино сошла одна из самых мощных за последние полвека лавина, свидетелями которой были десятки наблюдателей;

Среди лавиноопасных районов следует выделить хребет Искатень (максимальная высота 1508 м). Он отличается регулярным сходом достаточно мощных лавин, которые транспортируют большое количество крупнообломочного материала.

Солифлюкция (комплекс процессов массового смещения рыхлого склонового материала). Морфологический результат действия этого комплекса процессов – создание фестончатых, микроступенчатых склонов с крутизной в интервале от 3–6 до 35–38°. Геоморфологи часто не разделяют общий процесс массового смещения рыхлого материала на отдельные категории в соответствии с внешними условиями (колебания температур, оттаивания-замерзания и переувлажнения), поскольку в большинстве случаев, в т.ч. в условиях достаточно влажного субарктического климата, почти все склоны с крутизной менее 38–40° являются полигенетическими и выделить ведущий ЭГП очень трудно (скорее, даже бессмысленно). Чаще всего этот общий процесс массового смещения рыхлого склонового материала в районах существования многолетнемерзлых пород называют крипом или солифлюкцией [3].

Одна из форм солифлюкции, так называемая медленная солифлюкция, создает на склонах Чукотки микрорельеф специфической формы – потоки и террасы, имеющие в плане языкообразную форму. Чаще всего она проявляется на склонах крутизной от 3–6 до 20°, но наиболее активна на поверхностях средней крутизны (8–15°) при наличии слоя дисперсных отложений мощностью 1–2 м. Медленная солифлюкция проявляется наиболее отчетливо в средних и нижних частях склонов, т.е. гипсометрически ниже участков со

сплошным распространением курумов. Обнаруживается преимущественная приуроченность солифлюкций к склонам, сложенным ультраосновными породами, андезито-дацитами, глинистыми сланцами, алевролитами, дающими при выветривании много глинистых частиц.

Муссонная (водородная) солифлюкция, типичная для Южной Чукотки, активизируется после выпадения жидких атмосферных осадков. Как самостоятельная категория при картографировании ЭГП она не выделяется.

Быстрые подвижки переувлажненного поверхностного слоя пород на склонах носят название быстрой солифлюкций, которая развивается благодаря снижению устойчивости грунтов на склонах при сильном увлажнении талыми и дождевыми водами и в результате оттаивания. Быстрые солифлюкционные сплывы протекают обычно во второй половине лета и после дождей. Скорости течения в оттаивающем горизонте чаще измеряются несколькими м/сутки, но при особо быстрых сплывах достигают сотен м/ч.

Солифлюкционные террасы формируются как единичными, так и группами. Иногда они соединяются в гирлянды, протягивающиеся по склону на несколько десятков, а то и на сотни метров. Фронтальные уступы на них чаще составляют 0,6–0,9 м, местами до 2 м. В некоторых горных массивах отмечается до 5 ступеней террас. Примечательно, что солифлюкционные террасы чаще развиты в средней части склонов.

Вдоль подножия солифлюкционных склонов формируются обширные делювиально-солифлюкционные шлейфы. Этот процесс способствует формированию асимметричных долин. Шлейфы достигают днищ речных долин и формируют широкие террасоувалы.

В структуре процессов массового смещения рыхлого склонового материала различные частные процессы обычно соседствуют или поочередно замещаются, формируя полигенетические склоны [4, 5]. В частности, почти все солифлюкционные склоны с разреженной растительностью подвержены плоскостному смыву, который, впрочем, играет подчиненную роль. Массовое смещение рыхлого склонового материала является ведущим фактором в современном рельефообразовании региона.

Речная эрозия и аккумуляция. В Восточно-Сибирское, Чукотское и Берингово моря впадает множество горных и равнинных рек. Эрозионные процессы и формирование аллювия для данной территории не являются уникальными процессами, свойственными лишь Чукотке. Элювий на большей части территории маломощен, содержит много грубых крупных обломков, поскольку все составляющие выветривания относительно слабы, поэтому и аллювий представлен относительно грубым, не всегда хорошо окатанным материалом.

Стоит отметить, что период «эрозионной» деятельности рек всего четыре месяца. Наибольшие расходы характерны для май-июньского половодья, тогда как в последующие, дождевые паводки (2–3 в сезон) они, как правило, незначительны. Несмотря на то, что оттаивающая на несколько десятков сантиметров мерзлота действует как водоупор, катастрофические наводнения случаются редко.

Берега горных рек иногда имеют почти отвесные склоны. И причина этому не только эрозия, но и наледные процессы. Активная эрозия и интенсивный размыв берегов встречаются, в частности, в долинах рек Амгуэма, Ионивеем, Эгельхвеем. Равнинные реки чаще имеют широкие долины ледникового происхождения. Для них характерны боковая эрозия и меандрирование. На юге Чаунской низменности реки, стекающие с Илirianейского кряжа и Анадырского плоскогорья, образуют внутренние дельты, которые, соединяясь друг с другом, формируют огромную заболоченную плоскую равнину с многочисленными действующими и отмершими протоками. В июне эта территория превращается в сплошное озеро-болото с отдельными «сухими» островами.

Сели. Селевые потоки питаются в основном материалом, поставляемым осыпями, солифлюкцией и крипом, включая курумовый материал. Селевой поток, в частности, был отмечен в долине р. Топографической (бассейн р. Орловки – правого притока р. Большой Анюй) в пределах Южно-Анюйского хребта. Он сформировался на левом борту на

продолжении широкого (до 1 км) эрозионного лотка на склоне северо-западной экспозиции. Лоток состоит из эрозионного вреза с крутым (до 15°) уклоном днища и корытообразным поперечным профилем, ниже которого расположено древнее аккумулятивное тело (конус выноса) с разнонаклонной (3–50°) поверхностью высотой над урезом реки до 5 м и шириной до 400 м. В этот нижний склон на глубину около 1–1.3 м в верхней части и до 2 м в нижней и врезан селевой поток шириной до 30 м. Слагающий склоны лотка материал – это глыбы и щебень гранитоидов и мезозойских сланцев с заполнением песком и гравием, которые прикрыты фрагментарным растительным покровом с куртинами кедрового стланика. Крупные обломки селевого материала выделяются на фоне остальных отсутствием лишайников. Анализ космических изображений показал, что в некоторых средне- и низкогорных районах (Илирнейский кряж, низкогорные хребты, окаймляющее зал. Креста, западная часть Чукотского нагорья) селевые, или, точнее, пролювиально-селевые, отложения не являются большой редкостью. Очаги их питания – это, как правило, водосборные воронки на высотах 200–800 м, в которые попадают солифлюкционный и грубообломочный материал склоновых курумов. Главным инициаторами таких селей являются май-июньское снеготаяние и половодье. Аккумуляция пролювиально-селевого материала в большинстве случаев наблюдается на поймах и в руслах, принимающих данные притоки рек. Крупных конусов выноса, отжимающих русла рек к противоположным бортам, не отмечено. В этот процесс, разумеется, вовлекаются некоторые и иногда большие объемы льда, и в таком случае формируется глетчер-сель.

Абразия и морская аккумуляция. Береговая линия Чукотки имеет в плане «кружевную» форму, отражающую структурно-геологические особенности территории и интенсивность береговых процессов. Последние осложняются мерзлотными факторами. Наряду с разрушением морем скальных коренных пород происходит процесс формирования аккумулятивного рельефа – вытянутых вдоль береговых валов, лагун, островов, кос, пересыпей и банок. На отдельных участках пляжи, расширяясь, переходят в лайды (илистые песчаные отмели) с солеными озерами на поверхности.

Курумообразование и процессы смещения курумов (крип). Геоморфологи обычно выделяют две разновидности курумов: курумы 1-го рода (каменные моря или россыпи преимущественно щебня и глыб, залегающие в виде плаща на приводораздельных субгоризонтальных поверхностях и выположенных склонах) и курумы 2-го рода (каменные

реки из щебнисто-глыбового материала, движущиеся вниз по склону с крутизной до 35°). Первые следует считать грубообломочной формой элювия, вторые – склоновым рыхлым материалом [6, 7]. Под курумами 2-го рода часто фиксируются водные потоки. Неравномерное движение каменного материала вызывает образование небольших глыбовых террас на прилегающих склонах. Эти разновидности курумов часто образуют парагенетический ряд: каменные моря (выше) – каменные реки или потоки (ниже).

В бортах трогов за счет сноса обломочного материала с их стенок обычно формируются присклоновые (лопастные) курумы-глетчеры (рис. 3).



Рис. 3. Присклоновый (лопастной) каменный глетчер в борту позднеплейстоценового (сартанского) трога, формирующийся за счет сноса обломочного материала со стенок трога, хребет Искатень, Восточная Чукотка. *Фото А.А. Галанина*

Fig. 3. Downslope (blade) rock glacier in the side of the Late Pleistocene (Sartan) trough, formed due to the removal of detrital material from the walls of the trough, Iskaten Ridge, Eastern Chukotka (photo by A. Galanin)

Наибольшая встречаемость курумов на Чукотке характерна для среднегорья с крутизной склонов 20–25° и сильно расчлененного низкогорья. На некоторых участках низкогорья у подножия крутых склонов речных долин и скальных выходов коренных пород образуются мощные конусы и шлейфы – курумы-осыпи. В начале лета и после сильных дождей случаются их катастрофические подвижки. Процесс смещения склоновых курумов геоморфологи называют по-разному; обычно используются термины крип и десерпция. Данные о скорости движения курумов на территории отсутствуют.

Морозобойное трещинообразование и полигонально-жильное льдообразование. Поверхности низменностей разбиты на полигоны, ограниченные сетью трещин четырех-, пяти- и шестиугольной формы. Трещины часто заполняются грунтами и/или водой, которая при замерзании превращается в жильный лед. При повторе замерзания новых порций воды происходит дальнейшее расширение и углубление морозобойных трещин. Их ширина в верхней части обычно составляет 1–5 см (до 10 см); глубина же в долинных таликах достигает их подошвы. Сеть морозобойных трещин на водоразделах и склонах Чукотки образует полигональную систему каменных пятен-медальонов (в диаметре от 0.5 до 3–4 м) и плоско-выпуклых многоугольников (в диаметре до нескольких метров). Полигоны с трещинно-жильным льдом (размером в поперечнике до сотен метров) встречаются в вечномерзлых грунтах Ванкаремской, Анадырской и других низменностей.

Полигонально-жильные льды формируются при обязательном наличии криогенных трещин и свободном и многократном поступлении воды. Различия между эпигенетическими и сингенетическими льдами четко просматриваются по территориальной приуроченности первых к водораздельным и пологосклоновым поверхностям, а вторых – как правило, к плоским днищам долин. Размеры полигонов различны, но чаще встречаются блоки 10–30 м в поперечнике, которые отделены друг от друга неширокими валиками высотой 0.5–0.7 м. В окрестности г. Анадырь система полигонов имеет термокарстово-полигональный облик. Размер блоков в плане составляет здесь 15–20 м; блоки отделены друг от друга трещинами, освоенными небольшими оврагами шириной до 2 м и глубиной 1.2–1.5 м.

На современных морских косах по побережью от мыса Сердце-Камень к Берингову морю морозобойное трещинообразование приводит к формированию на их поверхности полигонального рельефа без ледяных жил. В то же время на песчаных косах и пляжах к западу от мыса Сердце-Камень уже происходит рост жильных льдов [8, 9].

В районе Колочинско-Мечигменской депрессии полигональные грунты развиты в основном на поверхностях морских террас. Чаще встречаются вогнутые валиковые полигоны, заболоченные или увлажненные в центре. Форма полигонов неправильная, размер сторон от 1 до 3 м. Высота валиков изменяется от 0.3 до 0.5 м. Наиболее отчетливо полигональный рельеф проявляется на дне спущенных озер. Наряду с полигонально-жильными формами на плоских водоразделах широко развиты структурные грунты (пятна-медальоны, каменные кольца и многоугольники) с размерами до 2 м. В них хорошо заметна сортировка каменного материала по крупности: центры каменных колец или многоугольников чаще всего выполнены суглинисто-дресвяно-щебнистым материалом, а периферийные части – глыбово-щебнистым.

Наибольшее распространение пятна-медальоны имеют в пределах надпойменных террас, реже – в поймах рек (в частности, р. Анадырь), округлые, овальные или неправильной формы диаметром от 0.2 до 2 м без растительного покрова. Иногда встречаются многоугольники размером до 3 м. Пятна-медальоны здесь чаще всего выполнены глиной, суглинком или супесью с включениями гальки и щебня. Реже встречаются пятна с поверхностным щебнем.

Пучение грунтов. В наибольшей степени данному процессу подвержены водонасыщенные глинистые, илистые и торфянистые грунты, пылевые пески, а также обводненные отложения русловой и пойменной фаций в долинах водотоков, имеющих несквозные талики, в пределах Анадырской, Чаунской, Ванкаремской низменностей. Они обычно приуро-



Рис. 4. Торфяные бугры пучения: а – на 40-метровой морской террасе близ с. Ларино, Восточная Чукотка; б – на Анадырской низменности; в – на пологом склоне на юге Чукотки; г – с линзой льда вблизи пос. Беринговский, Южная Чукотка. Фото Д.Г. Замолодчиковой (а), А.В. Галанина (б, в), Ф.Т. Рузанова (г)

Fig. 4. Palsa (peat mounds): а – on a 40-meter sea terrace near the Larino village, Eastern Chukotka; б – on the Anadyr lowland; в – on a gentle slope in the south of Chukotka; г – with a lens of ice near the Beringovskiy village, Southern Chukotka. Photo by D.G. Zamolodchikova (a), A.V. Galanin (б, в), F.T. Ruzanov (г)

шириной до 0.3 м, в которых вскрывается ледяное ядро [10].

Термоэрозия, термоабразия и термокарст. Воздействие талых и дождевых вод на тонкодисперсные грунты в пределах развития сезонно- и вечномерзлых делювиально-солифлюкционных, водно-ледниковых и других отложений приводит к образованию на склонах деллей [3] – мелких выположенных ложбин, ориентированных по падению склонов, которые выполнены тонкодисперсным материалом. Длина деллей в низкогорьях Чукотки может достигать нескольких сотен метров. Наиболее четко они выражены в средней и нижней частях склонов, где происходит накопление мелкозема. Плановое распределение деллей чаще всего прямолинейное, иногда веерообразное и дугообразное.

Наряду с деллями развиты и другие термоэрозионные формы, наиболее важными из которых являются овраги. Они интенсивно развиваются в льдосодержащих делювиально-солифлюкционных отложениях предгорного обрамления низменностей и долин рек. Длина их достигает 20–30 м, ширина 2 м, глубина 2.5 м. Профиль оврагов V-образный, с крутыми стенками. Отмечены также овраги, находящиеся в начальной стадии развития. Наиболее крупные овраги регистрируются в районе мысов Якан и Онман (Чукотское море) и вдоль побережья Берингова моря севернее пос. Энмелен. Здесь на склонах южной экспозиции отмечены овраги зрелой стадии развития. Ширина их составляет 4–6 м, длина 500–600 м, средняя глубина 3–4 м.

Отмечается четкая приуроченность овражной сети к абразионным берегам с крупными уступами в местах развития рыхлых четвертичных отложений. Абразионные уступы

члены к пониженным заболоченным участкам и аласам по краям термокарстовых западин. Форма бугров, как правило, округлая и овальная. В долинах водотоков бугры пучения развиваются вдоль русел рек на пойме и надпойменных террасах и представлены чаще холмами вытянутой формы высотой до 2 м (рис. 4).

В пределах Валькарайской низменности широко развиты сезонные бугры пучения. Приурочены они обычно к тыловым швам речных террас и к участкам вогнутых перегибов склонов. В плане сезонные бугры имеют округлую и овальную форму диаметром от 0.7 до 2.0 м. Их высота составляет 0.5–0.8 м, редко до 1.5 м. Встречаются как одиночные бугры, так и площади пучения до 0.5 км². Ядра бугров, как правило, минеральные (суглинки и глины); линзы льда встречаются редко.

На южном побережье Колючинской губы в пределах предгорной низменности и по долинам рек развиты холмообразные бугры (гидролакколиты) диаметром до 10 м и высотой до 2 м, перекрытые торфом мощностью до 0.5 м и тонким пчвенно-растительным слоем. Вершины бугров разбиты трещинами

(высотой 20–40 м) прорезаются многочисленными оврагами, которые «захватывают» полосу берега шириной местами до 1.5 км. Уступы выполнены, как правило, верхнечетвертичными лессовидными сильнольдистыми отложениями. Примером развития такой овражной сети является восточное побережье Колючинской губы. Здесь абразионный уступ высотой 26–30 м, выполненный ледниково-морскими среднечетвертичными отложениями, разбит оврагами на участке протяженностью около 25 км.

Широко развиты овраги и по восточному берегу Чукотского полуострова, к северу от мыса Кригуйгун на участке берега около 15 км. Здесь насчитывается свыше 80 крупных и мелких оврагов. Приурочены они к поверхности верхнечетвертичной морской террасы, которая обрывается к морю 30-метровым абразионным уступом.

Севернее пос. Энмелен в образованном уступе морской террасы насчитывается около 75 оврагов на участке берега длиной 3 км. По берегам рек развивается сеть оврагов длиной до 350 м и шириной 5–7 м. Слагающие речные террасы отложения представлены сильнольдистыми лессовидными суглинками, в которых содержатся мощные сингенетические жилы льда.

Молодые термоэрозионные овраги широко развиты на наклонных поверхностях с озерно-аллювиальными отложениями в пределах приморских низменностей. Глубина их вреза за 1–2 года достигает 2–3 м, длина – 150–200 м. Крутые борта осложнены многочисленными сплывами.

Интенсивность развития термоэрозионных форм активизируется при техногенном воздействии человека на среду. Так, в профиле гусеничного следа на пологих склонах образуются эрозионные борозды, местами переходящие в овраги глубиной до 2.5 м. Такие картины процесса термокарста и овражной эрозии с охватом новых участков отмечаются практически вблизи каждого поселка.

Термокарст наиболее широко развит в пределах приморских низменностей (Анадырской, Колючинско-Мечигменской, Уэленско-Инчоунской) и межгорных впадин, в меньшей степени – в долинах рек. Благоприятными условиями для зарождения и развития термокарстовых форм являются плоские водораздельные пространства с уклонами порядка 0.001–0.015. При уклонах свыше 0.017 термокарст прекращается в результате усиления эрозионных процессов. Развитие термокарста протекает по-разному в зависимости видов вытаивающих льдов [11]. Вытаивание эпигенетических жильных льдов приводит к появлению понижений шириной в несколько десятков сантиметров, которые оконтуривают сохранившие форму полигоны. В случае активного вытаивания сингенетических льдов образуются выпуклые, куполовидной формы полигоны (байджарахи) с глубокими и широкими межблочными понижениями – бороздами протаивания. И.И. Крыловым отмечено, как по таким бороздам сформировались термоэрозионные овраги.

В береговых обрывах зал. Креста вытаивание пластовых подземных льдов приводит к возникновению обширных цирков до 200 м в поперечнике, а вытаивание ледяных ядер булгунняхов (гидролакколитов) приводит к образованию небольших провальных озер. Иной облик имеет рельеф при частичном вытаивании повторно-жильного льда. Здесь образуются безваликовые полигоны с неглубокими бороздами протаивания над ледяными жилами.

В возникновении очагов термокарста, очевидно, определенную роль играет и процесс саморазвития изначально законсервированных полигонально-жильных льдов. Фронтальный рост сингенетических полигонально-жильных льдов обуславливает более ранний их переход в стадию пластической деформации по сравнению с вмещающими мерзлыми грунтами в теплый период года [6].

Очаги начальной стадии развития термокарста встречены на участках тектонических погружений малой амплитуды. В этом случае, на стадии зарождения термокарста, возможно, просматривается влияние неотектонических движений [12]. Теплоносителем здесь являются подземные воды, циркуляция которых связана с зонами повышенной рещиноватости.

Причиной возникновения термокарста может служить и хозяйственная деятельность человека. При многочисленных проездах гусеничного транспорта, утечках горячей воды, проведении горных работ нарушается верхний горизонт мерзлой толщи, что приводит к увеличению глубины протаивания пород и разрушению верхних слоев почвы с последующими ее провалами и обрушениями. При протаивании мерзлых пород возникают упомянутые выше байджарахи и аласы.

Байджарахи широко встречаются в пределах приморских низменностей Чукотки [13]. Эти конусообразные формы представляют собой ядра полигонов, оставшихся после вытаивания решетки окаймлявших их клиновидных льдов. Размеры байджарахов зависят от плотности решетки ледяных жил, их размеров, свойств грунта. На участках повышенной льдистости мерзлых пород байджарахи «расплываются» и постепенно переходят в аласы – котловинообразные просадочные понижения.

Гляциальные и нивационные процессы. Современное оледенение, присутствующее на Чукотском нагорье (около 50 ледников), представлено каровыми ледниками. Первая группа из трех ледников расположена на северо-востоке Чукотского п-ва на хр. Тенканый. Средняя высота границы питания около 500 м. Вторая группа, состоящая из 14 каровых ледников с приблизительно такой же высотой области питания, находится в Провиденском горном массиве. Третья группа (хр. Искатень) состоит из 21 ледника с областью питания от 500 до 1000 м. Четвертая группа расположена на хр. Пекульней и состоит из 4 каровых ледников размером примерно 0.3 км² при высоте границы питания 740 м. В пятой группе отмечено 5 ледников от 0.1 до 0.5 км², расположенных на Чанталском хребте в бассейне р. Амгуэма, со средней высотой границы питания около 1400 м [14].

Нивационные процессы развиваются вдоль границ снежников и ледников в виде активного морозного и в меньшей степени химического выветривания в условиях попеременного многократного замерзания и оттаивания. Интенсивность физического выветривания горных пород возле снежников в 1.5–3.5 раза превосходит фоновую [15]. С нивацией связано образование и углубление одноименных ниш, нагорных террас, каров и цирков, а также поверхностей нивационного выравнивания.

Наледеобразование. На Чукотке широко развиты наледи, которые представляют собой плосковыпуклые ледяные тела, формирующиеся в результате многократного излияния подземных вод, смещения участков русел, слияния рек (ручьев) и при впадении рек в озера и их послынного замерзания [14, 16]. По спутниковым снимкам в пределах региона можно идентифицировать порядка 160 относительно крупных наледей. Большинство наледей приурочено к верховьям и средним течениям горных рек. На востоке региона ложи наледей приурочены к абсолютным высотам 100–200 м, в некоторых местах, например, в долинах рек Уттывеем и Кооленьвеем, – к высотам до 350 м. Наледи здесь имеют небольшие размеры и, как правило, развиты в пределах русловых частей долин. Площадь наледей в днищах долин редко превышает 2 км². В западной части региона (долины правых притоков р. Амгуэма) наледи располагаются на высотах 350–600 м. Здесь их размеры больше – до 6 км в длину и 0.6 км в ширину.

Большая часть долинных наледей вытянута лентообразно вдоль русла. Встречаются наледи овальной формы и многоязыковые. С наледями связано формирование наледных полей – расширенных каменистых участков, освобождающихся после стаивания наледей днищ долин, полностью лишенных растительного покрова.

Карстовые и суффозионные процессы. Известно, что мерзлота лишь замедляет карстообразование, но не исключает его [13]. Геологами наблюдались небольшие останцы карбонатных пород (чаще известняков) на водоразделах и неглубокие желоба между ними. Классических отрицательных карстовых форм не найдено.

Суффозия отмечена на одном из участков автодороги Эгвекинот–Иультин и на небольшой площади левобережья р. Амгуэма. Здесь рыхлые отложения подстилаются сильно трещиноватыми породами, поглощающими вымываемые частицы.

Эоловые процессы. Эоловые процессы протекают в условиях активной ветровой деятельности на морских косах побережья Чукотского моря и особенно на западном побережье Берингова пролива в районе пос. Лаврентия. Наряду с закрепленными эоловыми формами существуют подвижные участки активно действующих эоловых процессов. Здесь (в частности, по долинам водотоков и вдоль морских берегов) формируются ветровые холмы, реде валы, прислоненные дюны и фрагменты дюн.

Пирогенное воздействие на рельеф и некоторые особенности антропогенных факторов современного рельефообразования. В условиях ветреной и нередко жаркой летней погоды возникают пожары. Они, как правило, приводят к полному выгоранию растительного покрова. В результате экспонирования поверхности почво-грунтов на этих участках активизируются физическое выветривание и морозобойное трещинообразование, эрозионные и термокарстовые процессы, пучение.

О вероятных тенденциях в современном рельефообразовании. На региональном уровне антропогенные факторы действуют дискретно, в виде разрозненных очагов, вследствие низкой плотности населения и разреженной сети путей сообщения. Однако есть основания предполагать, что в последнее время отмечается образование фрагментарных участков арктических пустынь с тенденцией к продвижению их на соседние участки тундры. Природа этого явления неясна. С одной стороны, здесь может сказываться вероятная (общая для значительной части Дальнего Востока) тенденция усиления аридизации климата и, как следствие, усиления роли криогенных процессов, замещающих гляциально-нивационные [17]. Антропогенные факторы, действующие локально, в целом «укладываются» в эту предполагаемую тенденцию. Поскольку природные пожары в последние десятилетия стали подлинным бичом для значительной территории Дальнего Востока России, то следует признать, что пирогенный фактор превратился в один из главных антропогенных факторов современной трансформации ландшафтов и соответственно рельефа. Лесные пожары способствуют активизации криогенных процессов независимо от тенденций изменения климата. Наиболее очевидные признаки – появление курумов на месте выгоревших лесов.

Заключение

При удовлетворительной в целом геологической изученности Чукотки рельеф ее и рельефообразующие процессы изучались лишь фрагментарно.

Уникальность рельефа Чукотки обусловлена, с одной стороны, своеобразным сочетанием морфоструктурных и экзоморфодинамических особенностей, с другой – близким соседством суши с морями двух океанов, отличающихся друг от друга по многим физико-географическим характеристикам. Береговые ЭГП и ЭГП в прибрежных зонах на севере (Чукотское и Восточно-Сибирское моря) и юге (Берингово море) имеют существенные различия, обусловленные различными ветровыми и ледовыми режимами и режимами выпадения осадков. Следует добавить, что Чукотка располагается в четырех климатических областях (двух Сибирских и двух Тихоокеанских) двух климатических поясов (Арктического и Субарктического) согласно классификации Б.П. Алисова [1]. Эти аспекты геоморфологами отмечались лишь вскользь и тем более не анализировались. Прямых аналогов именно таких типов рельефа и именно такого набора действующих ЭГП на территории России нет.

В настоящее время наиболее активными, с точки зрения степени воздействия на рельеф, следует признать процессы криогенеза и в меньшей степени «малого» гляциогенеза, а также обвалы и сели. Кроме того, в системе современных ЭГП одна из ведущих ролей принадлежит термокарсту, который является наиболее «чувствительным» звеном – ответом на климатические изменения и любые антропогенные воздействия. Все эти процессы могут резко повышать свою активность в определенные периоды времени [18], а спуско-

вым крючком могут стать экстремальные климатические, сейсмические и антропогенно обусловленные события.

В условиях сложившегося баланса континентального и океанического влияний активность экзогенных процессов сохраняется на достаточно высоком уровне. При увеличении степени континентальности активизируются процессы, свойственные аридным условиям, в данном случае – мерзлотные рельефообразующие процессы, при увеличении степени океаничности – процессы, более свойственные гумидным областям, т.е. гляциально-нивационные. Вероятную тенденцию последних десятилетий – усиление континентальности климата на юге Дальнего Востока России – здесь, на территории Чукотки, проследить трудно. Впрочем, явно недостаточная геоморфологическая изученность данного региона оставляет еще немало вопросов, требующих скорого разрешения, и выявление природных индикаторов, указывающих на какие-либо направленные изменения, остается проблемой для будущих исследователей.

Литература

1. Атлас СССР. М.: ГУГК, 1985. 259 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Вып. 33. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 567 с.
3. Тимофеев Д.А. Терминология денудации и склонов. М.: Наука, 1978. 242 с.
4. Жигарев Л.А. Причины и механизм развития солифлюкции. М.: Наука, 1967. 158 с.
5. Каплина Т.Н. Криогенные склоновые процессы. М.: Наука, 1965. 296 с.
6. Симонов Ю.Г. Региональный геоморфологический анализ. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 255 с.
7. Галанин А.А. Каменные глетчеры – особый тип современного горного оледенения Северо-Востока Азии // Вестник ДВО РАН. 2005. № 5. С. 59–70.
8. Гасанов Ш.Ш. Подземные льды Чукотского полуострова // Тр. СВКНИИ СО АН СССР. 1964. Вып. 10. С. 14–41.
9. Маслаков А.А., Белова Н.Г., Баранская А.В., Романенко Ф.А. Пластовые льды на восточном побережье Чукотского полуострова при потеплении климата: некоторые итоги экспедиций 2014–2018 гг. // Арктика и Антарктика. 2018. № 4. С. 30–43.
10. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 571 с.
11. Плахт И.Р. Условия развития термокарста и этапы формирования аласного рельефа равнин Северо-Востока Евразии в позднем плейстоцене и голоцене // Развитие криолитозоны Евразии в верхнем кайнозое. М.: Наука, 1985. С. 112–120.
12. Скрыльник Г.П. Термокарст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. 2018. № 11 (ч. 2). С. 425–436.
13. Воскресенский К.С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 262 с.
14. Ананичева М.Д., Маслаков А.А., Антонов Е.В. Деградация объектов криосферы в районе залива Лаврентия, Восточная Чукотка // Арктика и Антарктика. 2017. № 3. С. 17–29.
15. Выркин В.Б. Криогенный и нивальный микрорельеф гольцов Прибайкалья и Северного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Иркутск, 1980. 20 с.
16. Скрыльник Г.П. Наледи как особая форма малого оледенения и их роль в развитии геосистем Чукотки и Приморья // Успехи современного естествознания. 2018. № 9. С. 83–92.
17. Скрыльник Г.П. Ведущие факторы развития рельефа Дальнего Востока и его место в общем климоморфогенезе материков Северного полушария // Исследования глобальных факторов климоморфогенеза Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 7–31.
18. Качур А.Н., Скрыльник Г.П. Современная структура и устойчивость геосистем Восточной Чукотки // Арктика и Антарктика. 2019. № 2. С. 1–15.

References

1. Atlas of the USSR. GUGK: Moscow, Russia, 1985; 259 p. (In Russian)
2. Scientific and applied reference book on climate of the USSR. Issue 3. Vol. 33. Gidrometeoizdat: Leningrad, Russia, 1990; 567 p. (In Russian)
3. Timofeyev, D.A. Terminology of denudation and slopes. Nauka: Moscow, Russia, 1978; 242 p. (In Russian)
4. Zhigarev, L.A. Causes and mechanism of development of solifluction. Nauka: Moscow, Russia, 1967; 158 p. (In Russian)

5. Kaplina, T.N. Cryogenic slope processes. Nauka: Moscow, Russia, 1965; 296 p. (In Russian)
6. Simonov, Yu.G. Regional geomorphic analysis. Publ. of Moscow Univ.: Moscow, Russia, 1972; 255 p. (In Russian)
7. Galanin, A.A. Rock glacier as a specific type of modern mountain glaciation of the North-East of Asia. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2005, 5, 59-70. (In Russian)
8. Gasanov, Sh.Sh. Underground ice of Chukotka peninsula. Magadan: In *Works of the North-East Complex Scientific Inst. of Siberian Branch of the Academy of Sciences of the USSR*, Vol. 10, 1964, 14-41. (In Russian)
9. Maslakov, A.A.; Belova, N.G.; Baranskaya, A.V.; Romanenko, F.A. Massive ice on the eastern coast of the Chukotka Peninsula during climate warming: some results of expeditions in 2014-2018. *Arctica and Antarctica*. 2018, 4, 30-43. (In Russian)
10. Vasil'chuk, Yu.K.; Vasil'chuk, A.K.; Budantseva, N.A.; Chizhova, Yu.N. Convex heaving mounds of permafrost peat massifs. Publ. of Moscow Univ.: Moscow, Russia, 2008; 571 p. (In Russian)
11. Plakht, I.R. Conditions for the development of thermokarst and the stages of formation of the alas relief of the plains of Northeast Eurasia in the Late Pleistocene and Holocene. In *Development of the permafrost zone of Eurasia in the Upper Cenozoic*. Nauka: Moscow, Russia, 1985, 112-120. (In Russian)
12. Skrylnik, G.P. Thermokarst as a factor of destruction and creation in the development of geosystems in the south of Central Siberia and the Far East. *Achievements of modern natural science*. 2018, 11, 425-436. (In Russian)
13. Voskresensky, K.S. Modern relief-forming processes on the plains of the North of Russia. Publ. of Moscow Univ.: Moscow, Russia, 2001; 262 p. (In Russian)
14. Ananicheva, M.D.; Maslakov, A.A.; Antonov, E.V. Degradation of cryospheric objects in the area of the Gulf of Lavrentiya, Eastern Chukotka. *Arctica and Antarctica*. 2017, 3, 17-29. (In Russian)
15. Vyrkin, V.B. Cryogenic and nival microrelief of the chars of the Baikal region and Northern Transbaikalia. Abstract for the degree of candidate of geographical sciences. Irkutsk, 1980, 20 p. (In Russian)
16. Skrylnik, G.P. Ice glaciers as a special form of minor glaciation and their role in the development of geosystems in Chukotka and Primorye. *Achievements of modern natural science*, 2018, 9, 83-92. (In Russian)
17. Skrylnik, G.P. Leading factors in the development of the relief of the Far East and its place in the general climomorphogenesis of the continents of the Northern Hemisphere. In *Studies of global factors of climomorphogenesis of the Far East*. Publ. of the Far East Center of the Academy of Sciences of the USSR: Vladivostok, 1979, 7-31. (In Russian)
18. Kachur, A.N.; Skrylnik, G.P. Modern Structure and Stability of Geosystems in Eastern Chukotka. *Arctica and Antarctica*, 2019, 2, 1-15. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 24.11.2022; одобрена после рецензирования 19.10.2023; принята к публикации 25.10.2023.

The article was submitted 24.11.2022; approved after reviewing 19.10.2023; accepted for publication 25.10.2023.

