

## Современная структура и устойчивость геосистем восточной чукотки

**Качур Анатолий Николаевич**

кандидат географических наук

старший научный, сотрудник Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, директор центра ландшафтно-экологических исследований

690041, Россия, Приморский край, г. Владивосток-41, ул. Радио, 7

✉ [kachur@tigdvo.ru](mailto:kachur@tigdvo.ru)



**Скрыльник Геннадий Петрович**

кандидат географических наук

ведущий научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

690041, Россия, Приморский край, г. Владивосток-41, ул. Радио, 7

✉ [skrylnik.@tig.dvo.ru](mailto:skrylnik.@tig.dvo.ru)



[Статья из рубрики "Природные ресурсы Арктики и Антарктики"](#)

### Аннотация.

Объектом исследования являются полярные ландшафты Восточной Чукотки. Задачей проведенного исследования было выяснение природы и специфики геолого-геоморфологического устройства территории в типичных и аномальных обстановках криолитоморфогенеза. Целью исследования были теоретические и практические разработки устойчивости и пластичности полярных геосистем (ГС) на фоне меняющихся климатических изменений, в обстановках противоборствующих взаимодействий континентальности и океаничности. Особое внимание было уделено тщательному исследованию морфолитогенетических эффектов со стороны типичных и аномальных (экстремальных – критических и кризисных, а также катастрофических) процессов и факторов. Использованы данные многолетних исследований автора на Чукотке и доступные литературные источники. При анализе были применены сравнительно-географический, информационный и палеогеографический методы. Основными выводами проведенного исследования является следующее. В ходе хозяйственного освоения северных территорий и усиливающегося вмешательства в их естественную природную обстановку активизируются все мерзлотные процессы, при ведущей роли термокарста. Особым вкладом автора в исследовании темы является то, что на Восточной Чукотке, в обстановке намечающейся континентализации климата и предполагаемой заповедности территории, прослеживаемые природные риски снижаются и геосистемы здесь, как правило, сохраняют свою изначальную устойчивость. Экзогенные кризисные обстановки и катастрофы прогнозируются, что позволяет вносить коррективы в практику оптимального природопользования. Новизна исследования заключается в прослеживании устойчивого развития территории, базирующегося на учете не только сложного, но и одновременно сквозного комплексирования живого и косного.

**Ключевые слова:** геосистема, полярные ландшафты, пояс, структура, зонирование, устойчивость, природные риски, антропогенные, Арктика, восточная чукотка

**DOI:**

10.7256/2453-8922.2019.2.29595

**Дата направления в редакцию:**

23-04-2019

**Дата рецензирования:**

12-05-2019

**Введение.**

Ландшафты полярных стран – не молоды и не вторичны. Они развивались длительное время (по крайней мере, в течение всего четвертичного периода) в относительно мало меняющихся пространственно-временных рамках «родственных» обстановок Полярных поясов (Арктического и Субарктического).

Рассматриваемая территория – собственно Северо-Восток России. В физико-географическом плане это пограничные пространства между Арктикой и Субарктикой. Их климат продукт сложного и противоречивого взаимодействия континентального и океанического влияний – Азиатского материка, с одной стороны, и Северного ледовитого океана (Чукотского моря) и Тихого океана (Берингова моря), с другой. Облик формирующихся в этих напряженных гидротермодинамических обстановках природных ландшафтов характеризуется уникальными и неповторимыми чертами – относительно простой организацией, неустойчиво-подвижным функционированием и изменчивой во времени (пониженной-повышенной) устойчивостью геосистем (см. ниже). Именно структурные простые, но жесткие связи обеспечивают устойчивость ландшафтов по отношению к обычным для характерных обстановок естественным воздействиям (типичным, критическим и, реже, кризисным – см. ниже). Не выдерживают они только катастрофических воздействий (резких и значительных потеплений и повышенных выпадений атмосферных осадков). В то же время эти ландшафты сильно уязвимы со стороны антропогенных воздействий (механических площадных нарушений почвенно-растительного покрова, пирогенных воздействий, масштабных обводнений территории, и других), чуждых для полярных средоформирующих обстановок.

Восточная Чукотка имеет разнообразную по устройству поверхность, в строении и облике которой ярко и принципиально равно отражены эндогенные и экзогенные факторы. Так, морфоструктурные черты здесь проявлены, прежде всего, в древности его рельефа, а морфоскульптурные – в климоморфогенетическом богатстве неповторимого облика молодости геосистем. На современном этапе развитие рельефа и коррекция его динамических тенденций на ближайшее будущее происходит в различных динамических обстановках (повышенной тектонической и сейсмической напряженности, космической ритмичности и сезонности) и условиях сложно комплексирующихся и противоречиво взаимодействующих 2-х основных системообразующих влияний – континентальных и океанических. Именно суммарный вклад всех этих взаимодействий и предопределяет современные зональные и провинциальные черты рельефа.

Задачей проведенного исследования было выяснение природы и специфики геолого-геоморфологического устройства территории в типичных и аномальных обстановках криолитоморфогенеза.

Цель – теоретические и практические разработки устойчивости и пластичности полярных геосистем (ГС) на фоне меняющихся климатических изменений, в обстановках противоборствующих взаимодействий континентальности и океаничности.

Новизна исследования – прослеживание устойчивого развития территории, базирующегося на учете не только сложного, но и одновременно сквозного комплексирования живого и косного [1].

Использованы данные многолетних исследований автора на Чукотке и доступные литературные источники. При анализе были применены сравнительно-географический, информационный и палеогеографический методы. Было установлено, что экзогенные кризисные обстановки и катастрофы прогнозируются, что позволяет вносить коррективы в практику оптимального природопользования.

### **Результаты и обсуждение.**

Развитие геосистем (ГС) Чукотки протекает под двойным влиянием континента и океана. На фоне циркуляционных факторов контролирующим воздействием на ее геосистемы было заметное (в настоящее время замедлившееся) потепление климата. Своего максимума потепление климата в Арктике достигло в 1970-1980-е годы прошлого столетия и далее начало замедляться и постепенно снижаться. Так, «по аналогии с событиями двух закончившихся циклов солнечной активности можно заключить, что сохранение высоких темпов потепления Арктики в обозримой перспективе маловероятно [2, с. 129]. С этим совпадают и выводы международных экспертов о начавшемся похолодании климата [3]. Последнее, по исследованиям автора, характеризуется тенденцией к усилению [4, 5].

В ходе многопланового взаимодействия снижающегося потепления и возникающего похолодания климата и сложившейся континентальности (К) и океаничности (О), проявляющееся в активизации характерных для каждого из влияний ярких экзогенных процессов, возникают особые биометеоэнергетические предпосылки для развития специфических ГС. Так, в первом случае в ходе экзогенного морфогенеза активизируются аридные и мерзлотные рельефообразующие процессы, а во втором – гумидные и гляциально-нивационные. Интегральный показатель интенсивности, направленности и соотношения этих рельефообразующих процессов помогает вскрыть тенденции развития рельефа [4, 5]. Своеобразные тенденции последнего на Восточной Чукотке определяются, главным образом, влиянием зимней континентальности (из-за воздействия не только материковой, но и преобладающей большую часть года ледовой поверхности акваторий).

Ниже помещены 2 сценария развития специфики природной обстановки Восточной Чукотки – возникшее реальное обустройство территории (А) и современные трансформации ГС (Б).

#### **А. Внешний и внутренний облик геосистем Восточной Чукотки**

Рассматриваемая территория, на которой расположен природно-этнический парк «Берингия», представляет собой сложное геоструктурное сооружение [6]. В течение

длительного времени своего развития она неоднократно подвергалась складкообразованию и разрывным нарушениям, одновременно с вертикальными перемещениями крупных блоков и последующим их разрушением, а также площадным процессом осадконакопления. В целом для нее характерно низкое соответствие рельефа тектонической структуре, когда его связь с древним структурным планом сильно нарушена интенсивной денудацией.

Таким образом, рельеф территории в самых общих чертах отражает пространственное положение основных мезокайнозойских структур. В то же время формирование его общего облика происходило в условиях относительно частых смен климатических ситуаций, с плейстоцена до наших дней: под влиянием полупокровного и горно-долинного оледенения, морских трансгрессий (с поступательно-направленной активизацией морской абразии) и регрессий (с планомерно замещающей активной абразии переработкой криогенной денудацией), эрозионно-аккумулятивной деятельности рек и водных потоков и, что крайне показательно, динамичного в пространственно-временном плане – комплекса процессов криолитоморфогенеза. Естественно, что процессы комплексной денудации и аккумуляции развивались на фоне сложных неотектонических и современных движений земной коры.

Сложность геоморфологического устройства территории как следствие принципиально равнозначного в целом участия эндогенных (в основном неотектонических процессов) и экзогенных (в основном гляциальных и нивационно-криогенных) рельефообразующих факторов и процессов, вскрывается обособлением самостоятельных геоморфологических областей: 1) Чукотского нагорья (с выделением северных и южных районов) и разделяющей его на две почти равные части – 2) Колючинско-Мечигменской депрессии (с выделением одноименных низменностей).

**Чукотское нагорье.** В орографическом отношении его территория неоднородна:

а) 2 северная часть – районы преимущественно низкогорного рельефа (высоты водоразделов составляют 400-600 м, единично до 950 м; при глубине расчленения чаще до 350-500 м), сложенные докембрийскими кристаллическими сланцами, амфиболитами и протерозойскими известняками, песчаниками, сланцами;

б) 2 южная часть – *районы низкогорного рельефа* (сложенные мощной толщей мезозой-неогеновых вулканических образований – андезитами, базальтами, дацитами, липаритами и их туфами и др.) и *среднегорного рельефа* (высоты водораздельных поверхностей составляют 600-900 м, единично до 1150 м, при глубине расчленения 450-700 м) с относительно резкими альпинотипными формами (трогами, цирками, карами, карлингами и др.), выработанными в стойких к выветриванию интрузивных породах (гранитах, гранодиоритах, диоритах, сиенитах и др.). Для всех горных районов характерны редкие термальные источники и повсеместное развитие вечномерзлых пород, с возникновением в них сквозных подрусловых таликов.

Для спектра современных экзогенных рельефообразующих процессов характерны существенные пространственные и высотные различия, создающие специфические морфологические черты всей территории. В общем плане это сводится к следующему:

1) в крупных долинах и межгорных впадинах Чукотского нагорья своеобразие современного рельефа подчеркивается следами 2-х позднеплейстоценовых оледенений (горно-долинных и полукровных);

2) в пределах низкогорных районов слабонаклонные (до 2-3 ) приводораздельные



поверхности перекрыты продуктами морозного дробления и мерзлотной сортировки и осложнены структурными грунтами

(каменными многоугольниками, кругами и т.д.), а склоны – толщей

различной мощности (от 0,2 до 4-5 м) делювиально-солифлюкционных

отложений и различными натечными образованиями. В современном морфогенезе преобладают склоновые рельефообразующие процессы, при господстве солифлюкционных;

3) в пределах среднегорных участков своеобразие морфолитогенетического облика проявляется в практически повсеместном развитии грубообломочного плаща перекрывающего все склоновые поверхности (за исключением участков собственно гравитационного сноса); в широком развитии следов последнего карового оледенения; густой сети форм среднесплошных лавин (осенне-зимне-весеннего схода, связанных с мощным осенним метелевым снегоперераспределением, амальными снегопадами и зимними оттепелями, бурным весенним снеготаянием); преобладании процессов низкотемпературного и морозного выветривания и морозной сортировки приповерхностного чехла, формирующие структурные грунты и другие яркие криогенные формы рельефа (каменные моря, полигоны, полосы; курумы 2-х родов; каменные реки и глетчеры и др.).

4) долинная сеть имеет молодой облик, невыработанные речные профили, невысокие террасовые уровни.

**Колючинско-Мечигменская депрессия** (или система линейно-вытянутых низменных пространств), имеет вид террасированной равнины с многочисленными изолированными уплощенными и сниженными (в среднем 200-300 м) кряжами и сопками. Характерные особенности этой территории:

а) в прибрежных частях низменных пространств на значительном протяжении наблюдаются морские террасы (высотой 6-8, 20-25 50-7 м). Первые две из них – хорошо выражены и относительно слабо расчленены, по сравнению с третьей, интенсивно расчлененной эрозионными и термокарстовыми процессами;

б) на террасовых уровнях по речным долинам и в пределах морских террас (особенно низких) относительно часто прослеживаются жильно-полигональные комплексы и мокрые термокарстовые западины, а на пойменных пространствах (чаще сегментарных) – трещинно-полигональный (редко жильно-полигональный) микрорельеф и термокарстовые и старичные озера;

в) преимущественно под озерами и вокруг многочисленных термальных источников широко развиты сквозные талики;

г) для всего района в целом типично, с одной стороны, жильное льдообразование (даже на самых низких высотных уровнях – морских косах), а с другой – развитие термокарста по повторно-жильным и инъекционным льдам.

Для описанной территории нами проведено **геоморфологическое зонирование** ([\[6\]](#); рис. 1). При этом были использованы, кроме данных исследований автора, материалы опубликованных геоморфологических карт (составленных под общей редакцией Д.А. Барановой, Ф.Б. Биске и М.В. Завгороднего в 1964 г.; С.С. Кржуева в 1965 и 1974 г.; Ш.Ш. Гасанова в 1969 г.; Н.А. Шило и В.Н. Виноградова в в 1970 г.; академика И.П.

Герасимова в 1981г.; и др.).

На предлагаемой схеме, что наглядно отражено в легенде, выделяются морфоструктурные и морфоскульптурные составляющие, сочетания которых и создают морфогенетические целостности – типы рельефа.

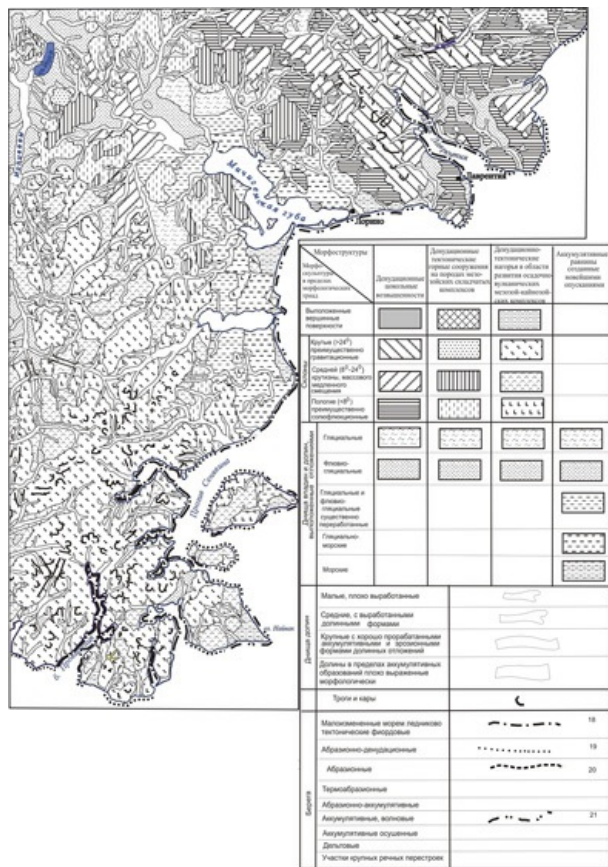


Рис. 1. Фрагмент карты геоморфологического зонирования Восточной Чукотки (м-б 1:500 000; составили Крылов И.И., Скрыльник Г.П.)

В основу составленной "Схемы геоморфологического зонирования..." (рабочий вариант в масштабе 1:200000) был положен морфогенетический принцип, позволивший нам, не нарушая в целом законов формальной логики, из всего многообразия фактов, процессов и явлений вычлнить главные типичные и специфические черты устройства территории и картографически отразить современную организацию рельефа и его динамические тенденции развития. Все это оказало, по нашему мнению, помощь при вскрытии эколого-геоморфологических аспектов территории как целостного (и в тоже время контрастного во времени и пространстве) природного образования.

В результате такого подхода учитываются возможные естественные и антропогенные события (процессы и явления), что важно для оценок и прогнозирования реальных эколого-географических ситуаций. При этом весьма существенным является то, что геоморфологическое зонирование позволяет оценить саму принципиальную возможность тематического анализа ряда форм и типов хозяйственного освоения и (или) определить уровни ограничений природопользования (в том числе, по естественным опасным и катастрофическим процессам и явлениям или по потенциально возможным в результате антропогенной деятельности).

Таким образом, приведенные разработки имеют самостоятельную значимость и

рассматриваются нами как первый необходимый этап последующих тематических исследований (в частности, по определению допустимых антропогенных нагрузок на геоморфологические системы, т.к. устойчивость последних выступает для нагрузок лимитирующим фактором). В результате решаются отдельные задачи мониторинга природной среды.

### **Б. Современные трансформации геосистем Восточной Чукотки**

Динамика вечной мерзлоты в ходе энергетических трансформаций (ее деградации или аградации) контролирует и динамику полярных ландшафтов. Так, аккумуляция и консервация химической энергии (как части солнечной энергии, сохранившейся в гумусовом горизонте) в пределах криосферы происходит значительно в больших масштабах и на более длительное время, чем за ее пределами. То же относится к гравитационной энергии. При этом одновременно изымается значительный объем воды из круговорота между сушей и океаном, а также аккумулируется и вещество из-за деятельности живых организмов. Следовательно, при динамике криосферы в сторону ее сокращения (из-за термокарста) может освобождаться и подвергаться дальнейшим превращениям значительное количество свободной энергии (химической и гравитационной), ранее законсервированной, а вместе с этим активизируются и многие природные процессы в полярных ландшафтах (увеличивается объем вещества, сносимого с суши в океан и т.д.), снижая их устойчивость.

Природные риски «проявляются» в естественных и (или) антропогенных обстановках и условиях – как результат определенного усложнения комплекса системообразующих факторов и процессов: типичных (в частности, из-за кумулятивного эффекта их воздействий) и экстремальных (из-за критических и перехода критических в кризисные – см. ниже). Именно различные их воздействия и взаимодействия и предопределяют те или иные уровни возможных «природных рисков» для Человека – со стороны экзо- и эндо-динамической опасностей.

Среди мерзлотных процессов, в порядке значимости по наибольшему системному воздействию на полярные ландшафты, выделяются термокарст и морозобойное трещинообразование (как равноправные), а затем солифлюкция, наледо- и курумообразование.

Восточная Чукотка – особый край вечной мерзлоты (подземного оледенения), выделяющийся среди других северных территорий ярким своеобразием и неповторимостью полярных ландшафтов. Отмеченные выше их отличительные особенности (см. Введение) могут быть расширены следующим: а) противоречивое соседство и контрастное чередование талых и мерзлых пород; б) широчайший спектр мощностей (от 0 до 700 и более метров) и среднегодовых температур (от 00 С до -110 С и ниже) вечномерзлых грунтов [7]; в) высокие тренды увеличения температуры воздуха, из-за чего район Восточной Чукотки попадает в область высокого метеогеокриологического риска; г) полный набор криогенных процессов и явлений в организации восходящего и нисходящего развития вечной мерзлоты [8].

По своему воздействию на геосистемы Восточной Чукотки экзогенные процессы выступают как типичные, экстремальные и катастрофические [9].

*Типичные процессы* достаточно точно соответствуют среднесулетним показателям биометеоэнергетики и существенно не меняют условий функционирования природных и сопряженных с ними антропогенных компонентов геосистемы. Лишь при значительном

нарушении природно-экологического каркаса территории вследствие различных видов воздействия типичные (рядовые) процессы существенно осложняют эксплуатацию хозяйственных объектов и производственную деятельность в целом.

*Экстремальным процессам* соответствуют критические и кризисные состояния геосистем (рис. 2). По степени устойчивости геосистем по отношению к природным процессам выделяются следующие их состояния: 1) стабильное, или устойчивое; 2) метастабильное, или почти устойчивое; 3) квазистабильное, или мнимо устойчивое; 4) астабильное. Пороговые ситуации взаимопереходов различных процессов («типичные – критические», «критические – кризисные») или однонаправленных переходов («экстремальные – катастрофические») в развитии рельефа отождествляются с наиболее динамичными состояниями геосистем.

Экстремальные процессы вызывают значительное, но кратковременное, отклонение от нормы хода природных процессов и частичное разрушение отдельных элементов геосистемы. При повторении этих процессов природные системы в целом и отдельные их компоненты могут адаптироваться к таким нагрузкам и постепенно возвратиться к нормальному функционированию. Для антропогенных же структур, чьи свойства в большей мере отвечают технологическим, а не природным критериям, экстремальные процессы по своему воздействию оказываются сравнимы с катастрофическими.

*Катастрофические процессы* обладают максимально негативным воздействием на природно-экологический каркас территории, с полным физическим уничтожением отдельных компонентов ландшафта и предельным нарушением внутренних связей в геосистемах. При этом катастрофические явления могут быть результатом накопления в геосистемах последствий направленно-необратимого воздействия экстремальных процессов, выводящих ландшафт из состояния динамического равновесия. Наложение нескольких типичных процессов со значительной частотой повторения также приводит природно-экологический каркас в неустойчивое состояние. Наконец, наблюдаются и быстрые катастрофы, обусловленные заложенной в геосистемах внутренней неустойчивостью, которая усиливается при длительном воздействии каких-либо природных процессов. Для геосистемы, находящейся в состоянии минимального динамического равновесия, катастрофическое явление выполняет роль пускового механизма и приводит к ее быстрому и иногда полному разрушению.

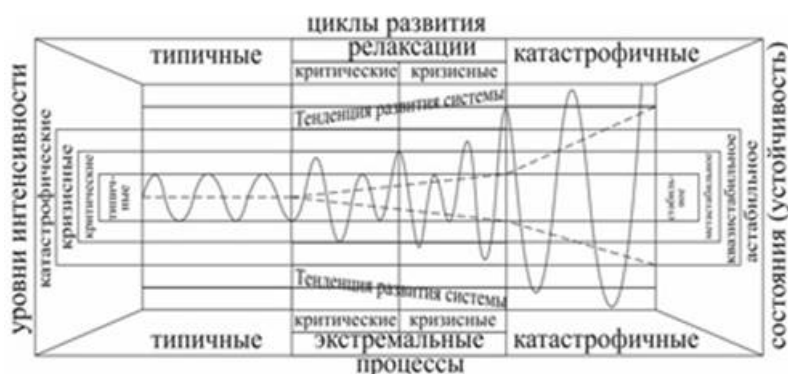


Рис. 2. Принципиальная схема энергетических и динамических соотношений типичных и аномальных процессов в организации геосистем Земли (составил Г.П. Скрыльник).

Состояние и организация (структура и функционирование) природных систем полностью контролируется их устойчивостью.

*Устойчивость геосистемы* – способность объекта при различных внешних воздействиях сохранять основные черты организации и поддерживать возвратно-поступательное

развитие [9].

Показатели устойчивости компонентных и общих ГС измеряются через учет вещественных и энергетических потоков [10].

Морфогенетические результаты от воздействия различных экзогенных процессов на ГС проявляются по-разному: от типичных – с запаздыванием, когда постепенно сказывается результат кумулятивного эффекта, сохраняющим возможность возврата до исходных состояний; от аномальных (особенно катастрофических) – практически моментально, вплоть до разрушения структуры ГС.

*Трансформации* дневной поверхности, растительности почв и приповерхностного субстрата создаются из-за воздействий на них различных экзогенных и эндогенных процессов, но в площадном плане – наиболее интенсивно мерзлотными.

На относительно простую структуру природных систем Восточной Чукотки наложена более сложная и разнообразная современная система хозяйственного освоения, в результате чего многие природные системы подверглись разнообразным трансформациям [5]. В пределах региона представлены природные системы от значительно трансформированных антропогенным воздействием до практически неизменных комплексов неосвоенных и слабозаселенных территорий.

Ниже приведены отдельные примеры трансформаций ландшафтов на конкретных объектах Восточной Чукотки в обстановках типичных и аномальных воздействий.

Из всех мерзлотных процессов, участвующих в динамике ландшафтов Восточной Чукотки, выделяется термокарст (рис. 3). Развитие термокарста хорошо иллюстрируется распространением и динамикой термокарстовых озер.

Термокарстовые явления поверхностные и подповерхностные (округлые западины, котловины и озерные ванны; линейные, линейно-коленчатые и полигональные формы проседания; гроты, ниши; и другие), являясь типичными для территории Чукотки, экстремального проявления достигают только в редкие аномально теплые и дождливые годы. В эти периоды на участках близкого залегания к дневной поверхности залежей подземных льдов активизируются площадные просадки, а на склонах – процессы оврагообразования [8].



Рис. 3. Термокарстовые деформации нижней части склона в окрестностях п. Лаврентия. Фото А.А. Галанина.

Термокарстовые озера (в том числе и «блуждающие») встречаются локально и приурочены главным образом к долинам рек. Наиболее широко они распространены лишь в пределах Анадырской низменности и на побережье залива Креста. На остальных береговых участках Тихоокеанских морей термокарстовые озера сосредоточены на узких полосах прибрежных равнин и в устьевых расширениях речных долин, где обычно развивается достаточно густая сеть очень небольших (0,1–0,3 км) озер. [4]. Количество и размеры термокарстовых озер год от года испытывают разнонаправленные колебания. Последние прослежены на эталонных участках – 1) на северном побережье Пенжинской губы и на побережье Удской губы Охотского моря (снимки 1973 и 2001 гг.); 2) Яно-Индигирской низменности вдоль южного побережья моря Лаптевых и Восточно-Сибирского моря (снимки 1972 и 2000 гг.). При сравнении разновременных снимков первого участка изменений в характеристиках озер не обнаружено, а для второго – обнаружено увеличение площади многих из существовавших озер и массовое появление новых малых (0,1–0,2 км) озер [11, 12].

Причинами возникновения термокарста могут быть – глобальные факторы (общее потепление климата); континентальные (усиление континентальности, летней); региональные (изменения теплового режима грунта естественными процессами – эрозией, пожарами и т.д.) и локальные (естественные – морозобойное растрескивание деятельных поверхностей, точечное обводнение и заболачивание; антропогенные – вырубка леса, распашка, пожары и другие; техногенные – строительство гражданских и промышленных объектов). При этом велика роль тектонических процессов в развитии термокарста: а) тектонические опускания могут вызвать его

активизацию из-за обводнения поверхности; б) с другой стороны, они могут быть причиной его затухания из-за дренажа территории.

Во всех этих случаях вытаивание льдов и оттаивание вечно- и сезонномерзлого грунта связано с наступающим повышением среднегодовых температур в подошве слоя годовых колебаний (до 00 С).

Развитие термокарста, как правило, сочетается (в комплексе или по отдельности – с плоскостным и подпочвенным смывом, солифлюкцией, эрозией, абразией). Нарушения динамического равновесия в водном и

тепловом режиме деятельной поверхности могут вызвать термокарстовые явления и на территории стабильной и аградирующей вечной мерзлоты. Причиной этого, прежде всего, может явиться антропогенная деятельность, хотя при которой минимизация негативных эффектов обеспечивается и направленным сохранением вечномерзлых пород (их затенением, перекрытием торфяным горизонтом, применением активного дренажа).

Динамика термокарста в пространственно-временном плане испытывала и испытывает в Арктике существенные колебания. За период с 1970-х – 1980-х по 2000-е годы в целом по всей территории криолитозоны России сокращение площади озер и их количества преобладает над их увеличением [11, 12].

Фоновая направленность развития вечной мерзлоты уже в ближайшее время может существенно измениться. Начавшееся общее похолодание оконтуривает отдельные геоэкологические риски (из-за усиления морозобойного трещинообразования в направлении разрушения отдельных геосистем), а с другой стороны – снижает естественную интенсивность термокарста.



Указанная картина антропогенно обостряется (например, по нашим наблюдениям в 1972-1973 г.г. в р-не п. Канчалан), из-за нарушений теплового баланса деятельных поверхностей, вызывая локальное разрушение геосистем с возникновением борозд-рвов (до 1 м), оврагов (до 2 м) и других.

Хозяйственная деятельность человека в целом приводит к изменению мощности и среднегодовых температур вечномерзлых толщ. Так, до постройки Анадырского водохранилища в среднем течении р. Казачка указанные температуры в подошве слоя годовых колебаний были равны в среднем минус 40 С. Последующие наблюдения этих температур в 1971 г. зафиксировали их значения в отдельных точках как 00 С, а температуры донных отложений составляли +40 С. Одновременно с изменением отмеченных температур «прошли» термокарстовые процессы и возникли различные просадки грунтов.

Вмешательство человека в естественную природную обстановку чаще проявляется в нарушениях растительного покрова – этого наиболее динамичного природного фактора. Именно с такого рода нарушениями наиболее тесно связана активизация термокарстовых процессов. Пирогенные воздействия, в частности, на вечную мерзлоту, опосредствованные через растительность, являются разноплановыми, но по своему эффекту занимают одно из важных мест в этом аспекте. Так, выгорание даже одного кустарникового и травянисто-кустарникового покрова приводит в общегодовом выводе к усилению жесткости температурных условий в почво-грунтах и формированию более низких температур вечномерзлых толщ, а в теплый период года – служит толчком к активизации оплывинно-солифлюкционных движений грунта на склонах и к началу интенсивного термокарста в пределах скопления ледяных включений в грунтах различных местоположений и т.д. [8].

Строительство жилых поселков в пределах северных аллювиальных равнин, сложенных очень льдистыми грунтами, сопряжено с большими трудностями. Связано это с активизацией многих мерзлотных процессов (в первую очередь, термокарстовых), протекающих с особой быстротой и осложняющих строительство и эксплуатацию сооружений. Так, под поселок Канчалан был выбран участок в пределах 1 и 2-й надпойменных террас в среднем течении р. Канчалан, где оказались широко развитые мощные и неглубоко залегающие к дневной поверхности полигонально-жильные льды. Снятие и (или) уплотнение дерново-мохового и снежного покрова, осушение и (или) обводнение грунтов, планация и затенение земной поверхности, а в некоторых случаях даже вскрытие и выведение на поверхность подземных льдов, в ходе строительства и эксплуатации жилых и служебных зданий, привело к резкой перестройке естественного гидротермического фона почво-грунтов. Это послужило причиной интенсивного вытаивания полигонально-жильных льдов. В результате сформировался бугристо-западинный рельеф, возникли термокарстовые просадки и овраги и оплывинно-солифлюкционные трансформации, что привело к разрушению многих зданий и дорог.

Устройство временных дорог в равнинной тундре приводит к механическому разрушению травяно-мохового покрова, который десятилетиями не восстанавливается. Так, по наблюдениям автора в 1972 г. в долине р. Танюер, на поверхности заочкаренных террас нами были отмечены единичные 15-летней давности глубокие (до 15-20 см) колеи тракторов и вездеходов. Эти колеи в ряде мест явились путями концентрированного стока дождевых и талых вод, что в конечном счете привело к образованию оврагов. Превращение отдельной колеи в овраг происходит очень быстро. Так, по наблюдениям Н.А. Граве и И.А. Некрасова в 1961 г. в районе пос. Шахтерский (вблизи г. Анадыря),

возникновение оврага на месте гусеничной колеи трактора произошло в течение 5 лет. В тех случаях, когда колеи, а потом и овраги совпадают в плане с простираем ледяных жил или морозобойных трещин, процессы линейной эрозии и бурного термокарста протекают особенно активно.

Поскольку колеи-борозды от тракторов и вездеходов большей частью сильно обводнены (влажность грунтов в них часто превышает предел текучести), несущая способность почво-грунтов здесь быстро снижается до минимальных значений. Поэтому временные дороги прокладываются все время на новых местах, по соседству с прежними. В результате вокруг большинства чукотских поселков тундра в настоящее время «распахана» и представляет собой обширные пространства, лишённые растительного покрова и изобилующие рытвинами, водороенами, провалами, оврагами и термокарстовыми озерами самых различных очертаний. Причем, во многих местах (например, вокруг поселков м. Шмидта, Певека, Депутатского, Шахтерского и др.) процессы оврагообразования, термокарста, солифлюкции и морозобойного трещинообразования протекают дальше уже без вмешательства человека.

Насыпные грунтовые дороги промерзают и служат препятствием со стороны склонов поверхностному и поддёрновому стоку. Последний объединяется с термокарстом вдоль дорог и в результате формируются линейные рытвины и промоины. Так, вдоль насыпной дороги от бывшего аэропорта до пос. Шахтерского, ориентированной поперек склона, с 1964 по 1972 год образовались овраги глубиной до 3 м.

Спуск теплых промышленно-бытовых вод в ручьи, озера и отдельные замкнутые западины активизируют термокарстовые процессы и приводит к заглублению здесь верхней кровли вечной мерзлоты и увеличению мощности деятельного слоя. По немногочисленным данным бурения и электроразведки (в районе поселков Амгуэмы, Шмидта и Шахтерского), можно говорить, что по этим причинам за последние десятилетия произошло «точечное» понижение верхней кровли вечной мерзлоты до 5 м, а на поверхности – к термокарстовым просадкам.

Таким образом, в ходе хозяйственного освоения территорий активизируются все мерзлотные процессы, при ведущей роли термокарста.

Следует подчеркнуть, что на Восточной Чукотке, в обстановке намечающейся континентализации климата и предполагаемой заповедности территории, природные риски снижаются и геосистемы здесь, как правило, будут сохранять свою и изначальную устойчивость (рис. 4).



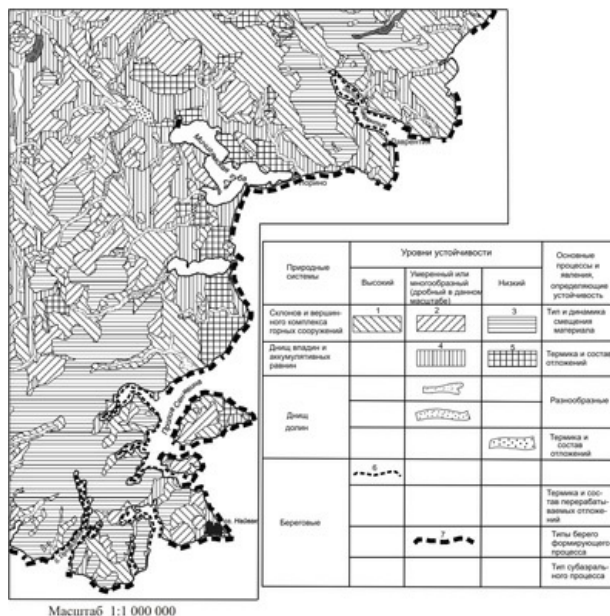


Рис. 4. Фрагмент карты районирования по устойчивости природных систем Восточной Чукотки [6] (м-б 1:1000 000; составили И.И. Крылов и Г.П. Скрыльник).

*Условные обозначения:* цифры 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – уровни устойчивости, плавно изменяющиеся от высоких значений

к низким.

Уровни устойчивости и пластичности ГС Восточной Чукотки не беспредельны, т.к. главные их резервы соответственно, геоморфологических систем (из-за их консервативности) и фитосистем (из-за их пластичности) – в конечном счете, все же ограничены. Вероятно, сейчас они часто находятся у своего предела, о чем и свидетельствует, в частности, направленное увеличение природных, а в условиях антропогенного "пресса" и техногенных катастроф [13, 14]. Исследования адаптации ГС к изменяющимся внешним условиям сводятся к изучению влияния на ГС результирующего действия эндо-, экзо- и антропогенных факторов. Вероятно, вклад антропогенных факторов (как по отдельности, так и в суммарном выражении) будет существенно различным, в зависимости от конкретного (повышенного или пониженного по напряженности) "эндо-" и "экзофона", особенно – в условиях сближения «порогов» аномальных и типичных процессов [9].

**Заключение.** Таким образом, в ходе хозяйственного освоения северных территорий и усиливающегося вмешательства в их естественную природную обстановку активизируются все мерзлотные процессы, при ведущей роли термокарста. В зависимости от форм вмешательства человека, нарастание активности большинства мерзлотных процессов, приводящих к нежелательным последствиям в практике народного хозяйства, будет происходить чаще скачкообразно. Эти процессы еще больше могут усилиться из-за возрастания напряженности естественных и антропогенных аномальных явлений и процессов: глобальных – потепления или похолодания климата и прогнозируемого повышения уровня океана [15];

континентальных – динамики границ природных зон, а также региональных – направленного изменения соотношений океанических и континентальных влияний; локальных – смены типов природопользования [16].

В целом, устойчивость природных систем сильно зависит от фактора места объектов и типа и масштабов антропогенного вмешательства.

Актуальность комплексной оценки изменений полярных ландшафтов (в частности, из-за колебаний климата в XX - XXI веке), с целью «снятия» возможных экологических рисков и нормализации природных обстановок, сейчас резко возрастает. В итоге проведения этих мероприятий возможно достижение устойчивого развития территорий Севера.

## Библиография

1. Марков К.К., Добродеев О.П., Симонов Ю.Г., Суетова И.А. Введение в физическую географию. М.: Высшая школа. 1973. 184 с.
2. Ловелиус Н. В., Ретеюм А. Ю. Циклы солнечной активности в Арктике // Общество. Среда. Развитие. 2018. № 1. С. 128--130.
3. Глобальная служба атмосферы (ГСА) – Global Atmosphere Watch Programme Электронный ресурс. URL: <https://public.wmo.int/.../programmes/global-atmosphere-watch-programme> (дата обращения: 16.06.2018).
4. Скрыльник Г.П. Термокарст как фактор разрушения и созидания в развитии геосистем юга Средней Сибири и Дальнего Востока // Успехи современного естествознания. 2018. № 11 (часть 2). С. 425-436.
5. Скрыльник Г.П. Развитие и уязвимость полярных ландшафтов в ходе возможного освоения территории Севера России // Успехи современной науки. 2017. №6. Том 2. С. 197-203.
6. Крылов И.И., Скрыльник Г.П. Геоморфологическое зонирование территории природно-этнического парка «Берингия» (Восточная Чукотка) Актуальные проблемы современной географии. Вып. 11. Смоленск: Смоленский гуманитарный университет, 2003. С. 235-248.
7. Котов А.Н. Многолетнемерзлые породы // Труды НИЦ " Чукотка". Вып. 5. Магадан: Изд-во СВНЦ ДВО РАН. 1997. С. 9-13.
8. Скрыльник Г.П. Некоторые вопросы динамики вечной мерзлоты и криоморфогенеза в связи с хозяйственной деятельностью на Северо-Востоке СССР // Сб.: Природа и Человек. Владивосток: Изд-во ТИГ ДВНЦ АН СССР. 1973. С. 112-117.
9. Короткий А.М., Скрыльник Г.П. Катастрофические, экстремальные и типичные явления и процессы и их роль в развитии экзогенного рельефа Дальнего Востока // В сб.: Экзогенное рельефообразование на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. С. 5-15.
10. Скрыльник Г.П. Методические подходы к определению устойчивости геосистем //Межд. конф. «Взаимодействие общества и окружающей среды в условиях глобальных и региональных изменений (Москва-Барнаул. 18-29 июля 2033 г.)». Тез. докл. Барнаул: МГС, НКГР, РГО, ИГ АН, МГУ, ИВЭП СО РАН, АлтГУ, 2003. С. 298-299.
11. Каплина Т.Н. Аласные комплексы Северной Якутии // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. №4. С. 3-17.
12. Кравцова В.И., Быстрова А.Г. Изменение размеров термокарстовых озер в различных районах России за последние 30 лет // Криосфера Земли. 2009. Т. XIII. № 2. С. 16-26.
13. Иванец Б.С. Естественные и антропогенные тенденции развития вечной мерзлоты Анадырской тундры / Б.С. Иванец, Р.В. Иванец, Г.П. Скрыльник // Природа и Человек. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1973. С. 117-128.
14. Осипов В.И. Управление природными рисками //Вестн. РАН, 2002, №8, т. 72. С. 678-

686.

15. Каплин П.А. Прогнозные карты устойчивости природных комплексов морских побережий в XXI веке / П.А. Каплин и др. // Вестник Моск. гос. ун-та. Сер. 5. География. 1995. № 1. С. 30-36.
16. Крылов И.И. Рельеф и устойчивость геосистем Восточной Чукотки /И.И. Крылов, Г.П. Скрыльник // Географические исследования на Дальнем Востоке: материалы науч. конф., посв. 150-летию образования РГО. Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 31-33.