



УДК 504.03:91+551.4.06 (98).4

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОСВОЕНИЯ ПОЛЯРНЫХ ЛАНДШАФТОВ РОССИИ

Г. П. Скрыльник, П. С. Сорокин

Скрыльник Геннадий Петрович, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, skrylnik@tig.dvo.ru

Сорокин Павел Сергеевич, кандидат географических наук, научный сотрудник, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, paveleco@mail.ru

Ландшафты полярных стран не являются современными и не вторичны. Их внешний облик и внутреннее содержание создаются в целом вечной мерзлотой (сплошной, прерывистой с таликами и островной). Последняя контролирует и регулирует природные воздействия на ландшафты. В ряде случаев ее собственные деструктивные воздействия на ландшафты усиливаются эндодинамическими рисками (прежде всего, вспышками сейсмичности от 1 до 2 баллов). В то же время полярные ландшафты сильно уязвимы со стороны антропогенных воздействий (механических площадных нарушений почвенно-растительного покрова, пирогенных воздействий, масштабных обводнений территории и др.). При современном освоении полярных территорий необходимо четко просчитывать экологические риски.

**Ключевые слова:** ландшафты, вечная мерзлота, развитие, потепление климата, риски.

### A Modern Condition and Anthropogenic Effects in the Course of Development of the Polar Landscapes of Russia

G. P. Skrylnik, P. S. Sorokin

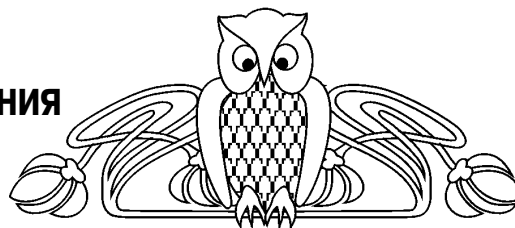
Gennady P. Skrylnik, ORCID 0000-0001-6318-5186 candidate of geographical science, senior staff scientist, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 7, Radio, Vladivostok, Primorsky Krai, 690041, Russia, skrylnik@tig.dvo.ru

Pavel S. Sorokin, ORCID 0000-0002-2786-5026, candidate of geographical science, scientist, Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 7, Radio, Vladivostok, Primorsky Krai, 690041, Russia, paveleco@mail.ru

The landscapes of polar countries are neither young nor secondary. An external shape and internal composition of polar landscapes are created as a whole by permafrost (continuous, faltering with taliks and island). In some cases, under unfavorable conditions, its own destructive influences on landscapes are strengthened by endodynamic risks (first of all, by seismicity flashes from 1 to 2 points). At the same time polar landscapes are strongly vulnerable from anthropogenic influences (mechanical area destructions of a soil-vegetative cover, pyrogenic influences, large flooding of territories, and others), alien for polar conditions forming the environs. In case of modern development of polar territories, it is necessary to estimate accurately ecological risks.

**Key words:** landscapes, permafrost, development, climate warming, risks.

DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-97-103



### Введение

Известно, что комплекс необходимых мер по освоению Арктической зоны России был изложен еще в 2013 году в ряде документов. Указанные меры впоследствии были частично конкретизированы в материалах Научной сессии Общего собрания членов РАН и отделений РАН [1]. Отмечается важная роль изучения, в частности, опасных экзогенных и эндодинамических процессов как составной части комплексного географического анализа и устойчивого развития геосистем [2].

Организация естественных ландшафтов в ходе их развития изначально предопределяется и постоянно контролируется уровнем метеоэнергетики, направленно усложняясь конкретным соотношением тепла и влаги на том или ином ветровом фоне.

Роль ветра, часто незаслуженно умаляемая, в этом ряду принципиально равнозначна и многогранна как средоформирующая. Так, ветер усиливает испарение и тем самым понижает температуру деятельных поверхностей. Возникающий на них дефицит влаги компенсируется в связи с контрастом температурных градиентов подтягиванием снизу вверх дополнительных порций воды. Это в конечном счете интенсифицирует влаго- и теплооборот между климоморфогенной оболочкой и атмосферой. Кроме того, ветер изымает и перераспределяет твердые атмосферные осадки, а также биогенные и минеральные частицы, непосредственно экспонируя и подновляя деятельные поверхности субстратов для агентов физического выветривания. В ходе же опосредованного воздействия на подтягивание влаги к деятельным поверхностям ветер поддерживает и усиливает химическое выветривание горных пород по всей глубине годовых колебаний тепла и влаги. Все это в суммарном итоге существенно изменяет вещественный состав почв и грунтов.

Из всех существующих определений ландшафта как комплексно-единого образования или гармоничного целого [3] наиболее приемлемым в аспекте наших построений является определение Б. Б. Полюнова: ландшафт – результирующая неравновесных межкомпонентных взаимодействий [4]. Ландшафтообразующая роль этих взаимодействий хорошо отражена в содержании «онтологической триады» В. Н. Солнцева [5]: взаимодействие – структура – система. Дополнительно отметим, что организация ландшафтов всегда выступает главным условием их устойчивости и во многом определяет тенденции их развития [6].



## Цели и задачи

Все ландшафты Земли развиваются в четырех отличных, диаметрально противоположных природно-климатических обстановках и в конечном счете относятся к четырем основным типам: ксерокриосным, гигрокриосным, ксеротермосным и гигротермосным [7] (рис. 1).

Полярные ландшафты здесь занимают особое место и относятся к следующим двум основным типам: ксерокриосным и гигрокриосным. Они развиваются в четко сформировавшихся природно-климатических обстановках: ксерокриосные – при дефиците тепла и дефиците влаги; гигрокриосные – при дефиците тепла и положительном балансе влаги. При этом все их развитие протекает на соответствующем, чаще повышенном, ветровом фоне.

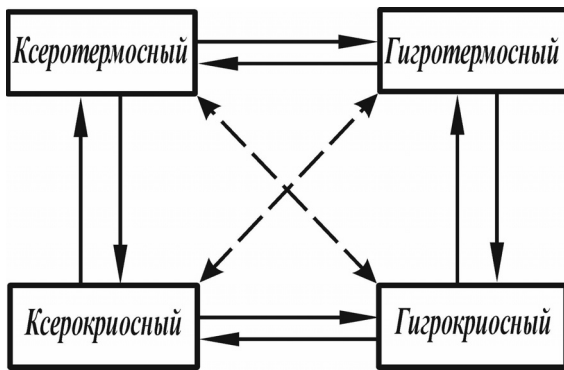


Рис. 1. Принципиальная энергетическая схема организации основных типов ландшафтов (сост. Г. П. Скрыльник)

## Методы и материалы

При составлении указанной схемы, в отличие от уже существующих, нами принята и реализована идея о принципиально равнозначной роли тепла и влаги на том или ином ветровом фоне в становлении различных ландшафтов. Правомочность этой позиции подтверждается, в частности, вполне сравнимыми (и максимальными) площадями современного развития ксеротермосного и гигротермосного типов ландшафтогенеза.

Основные типы ландшафтогенеза по своей природе зональны, сравнительно просто организованы и, следовательно, максимально устойчивы, хотя и занимают на Земле различные площади. Набор их основных типов в различных природно-климатических поясах Земли неодинаковый. В одних поясах наблюдается лишь один тип (во влажных тропиках – гигротермосный), а в других – два (в Арктическом и Субарктическом поясе – ксерокриосный и гигрокриосный, образующие полярные ландшафты) или все четыре (в умеренном поясе).

Колебания климата (сезонные, многолетние, вековые и др.) вызывают взаимопереходы между отдельными типами ландшафтогенеза. Необходимо отметить, что эти взаимопереходы могут

возникнуть и при постоянстве зональных характеристик тепла и влаги – только за счет ветровой деятельности. При этом, как правило, лишь типы гигросного подкласса переходят в типы ксеросного подкласса. Последние взаимопереходы характерны для обширных пространств полярных ландшафтов.

## Результаты и их обсуждение

Ландшафты полярных стран развивались длительное время (по крайней мере, в течение всего четвертичного периода) в относительно мало меняющихся пространственно-временных рамках «родственных» обстановок полярных поясов (арктического, субарктического и антарктического). Известно [8], что последние, наряду с экваториальным поясом, являются наиболее однородными частями комплексной физико-географической оболочки (КФГО), что предопределено однородностью отмечаемого здесь количества и соотношения тепла и влаги. Это прямо проявляется в том, что каждый из указанных поясов состоит только из одной природной зоны. Так, арктический пояс, в частности, представлен зоной арктических пустынь (с двумя подзонами – ледяных и каменных пустынь, развивающихся в соответствующих гигрокриосных и ксерокриосных обстановках), а субарктический – зоной тундр (см. рис. 1–3). Для арктического пояса, например, характерны крайне низкие гидротермические показатели на относительно высоком и преобладающе продолжительном ветровом фоне. Основой организации полярных ландшафтов является радиационный баланс ниже  $10 \text{ ккал/см}^2 \times \text{год}$ ; средние температуры приземного воздуха самого теплого месяца ниже  $+5^\circ\text{C}$  (чаще  $1-3^\circ\text{C}$ ), а на почве, как правило, отрицательные; продолжительность безморозного периода в воздухе всего 25–35, а на почве от 0 до 20 дней в году и повсеместно частые переходы температуры через  $0^\circ\text{C}$  (на почве сотни раз); среднемесячное количество осадков в отдельных районах 10–20 мм, а среднегодовое около 150 мм; среднемесячные и среднегодовые скорости ветра чаще более 5 м/с, при которых значительные объемы снега сдуваются с островов на акватории и т. д. [8]. Так, в условиях каменных пустынь отмечаются почти полное отсутствие высших растений при господстве мхов и накипных лишайников, активное протекание процессов температурного и морозного выветривания и морозобойного трещинообразования, господство микрополигональных грунтов и сплошной низкотемпературной вечной мерзлоты с малым деятельным слоем.

В становлении и пространственно-временном развитии полярных ландшафтов одним из главных факторов выступает криосфера – частная географическая оболочка, отличающаяся крайней подвижностью и особой формой организации материи (прежде всего, присутствием воды в жидком, твердом и (или) газообразном агрегатном состоя-



Рис. 2. Общий вид низкогорной части Чукотского нагорья (со снежниками на склонах восточной экспозиции и с участками каменистой тундры), предгорной равнины и долины р. Танюер, занятых лесотундровым ландшафтом. Снимок выполнен в направлении с юга на север (начало августа 1972 г.). Фото Б. И. Втюрина



Рис. 3. Водораздельные пространства в среднем течении рек Танюер и Канчалан (на переднем плане следы пожара на участках лесотундры). Снимок выполнен в направлении с юга на север (начало августа 1972 г.). Фото Г. П. Скрыльника

нии) и обладающая собственной массой и энергией. Наиболее яркие физиономические черты криосферы, бесспорно, выражены в таком образовании, как вечная мерзлота (модификация наземного оледенения). Именно динамика последней 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 происходят значительно в больших масштабах и на более длительное время, чем за ее пределами. То же относится к гравитационной энергии. Одновременно изымается значительный

объем воды из круговорота между сушей и океаном, а также аккумулируется твердое вещество из-за деятельности живых организмов. Следовательно, при динамике криосферы в сторону ее сокращения может освобождаться и подвергаться дальнейшим превращениям значительное количество свободной энергии (химической и гравитационной), ранее законсервированной, 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 усложне-



ния комплекса системообразующих факторов и процессов: типичных (в частности, из-за кумулятивного эффекта их воздействий) и экстремальных (из-за перехода критических в кризисные). Именно различные их воздействия и взаимодействия определяют те или иные уровни возможных «природных рисков» для человека со стороны экзо- и эндодинамической опасности.

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.

В пространственном отношении типы вечной мерзлоты в Арктике представлены: сплошной разновидностью (по горизонтали и вертикали); прерывистой по горизонтали (с редкими или многочисленными таликами) и (или) по вертикали (мерзлые горизонты разделены талыми) и островной.

Полярные ландшафты испытывают существенное влияние и сейсмических процессов, которое в условиях мерзлотных обстановок протекает по-разному [9]: в первой из указанных разновидностей вечной мерзлоты возможно снижение балльности на 1–2 единицы; во второй – может быть резкое искажение изосейсмального поля в широких пределах; в третьей, где велика вероятность резонансных и кумулятивных явлений, сейсмическая балльность может увеличиваться от 1 до 3. В итоге региональные особенности территории могут значительно усилить или ослабить проявления эндодинамических опасностей от землетрясений.

Кроме вечномерзлых пород на степень потенциальной эндодинамической опасности, хотя и в меньшей мере, влияют: нивально-гляциальные образования (повышенная мощность снежного покрова и горных ледников, курумы и каменные глетчеры, и др.), создающие дополнительную нагрузку на поверхность ландшафтов; слоистость и неустойчивое состояние верхних горизонтов земной коры, а также антропогенные образования – крупные водохранилища [10].

Таким образом, воздействия на ландшафты мерзлотных и эндодинамических факторов и процессов являются прямыми и обратными.

В организации полярных ландшафтов проявляются структурные простые, но жесткие связи. Они как раз и обеспечивают устойчивость ландшафтов по отношению к обычным для характерных обстановок естественным воздействиям (типичным, критическим и, реже, кризисным). Не выдерживают они только катастрофических воздействий (резкого и значительного потепления и повышенного выпадения атмосферных осадков). Такие воздействия вполне возможны при дальнейшем усилении глобального потепления климата. В то же время эти ландшафты сильно уязвимы со стороны антропогенных воздействий

(механических площадных нарушений почвенно-растительного покрова, пирогенных воздействий, масштабных обводнений территории и др.), чуждых полярным средоформирующим обстановкам [11, 12].

Хозяйственная деятельность человека вносит существенные коррективы в динамику криосферы, вечной мерзлоты и, естественно, полярных ландшафтов. Это вызывается изменениями складывающегося естественным путем баланса тепла и влаги. Все это происходит в следующих направлениях:

- в изменении приходорасходных частей гидротермического баланса территории (из-за вырубки лесов, распашки лугов и снятия дерна, удаления снега, затенения или планации земной поверхности, спуска озер или устройства водохранилищ и других);

- в изменении на больших площадях вещественного состава почво-грунтов (из-за возведения насыпей, дамб и плотин; вскрышных работ, в ходе разработки полезных ископаемых открытым способом; и т. д.);

- в создании искусственных источников тепла (в ходе сооружения отапливаемых зданий и теплоцентралей, спуска теплых промышленно-бытовых вод, палов; и т. д.).

Вмешательство человека в естественную природную обстановку развития полярных ландшафтов чаще всего проявляется в нарушениях растительного покрова – наиболее динамичного природного компонента. Его механические и тепловые нарушения вызывают активизацию термокарстовых процессов и просадок местности. Пирогенные воздействия при этом являются разноплановыми, но по своему эффекту занимают одно из важных мест.

Выгорание кустарникового и травянисто-кустарничкового покрова приводит к усилению жесткости температурных условий в почвогрунтах; возрастанию морфогенетического эффекта морозобойного трещинообразования и формированию более низких температур вечномерзлых толщ. В теплый период года это явление служит толчком к активизации оплывинно-солифлюкционных и собственно солифлюкционных движений грунта на склонах, к началу интенсивного термокарста в пределах развития полигонально-жильных льдов и т. д.

Хозяйственная деятельность в Арктике предполагала ранее сооружение ГЭС и проведение многокилометровых ЛЭП. В этом случае на громадных площадях (полосой в несколько сот метров в обе стороны от ЛЭП) должны были возникнуть явления, связанные с так называемым эффектом биологической стимуляции электрической короной. В итоге растительность стала бы отличаться повышенной продуктивностью, в связи с чем возросла степень затенения земной поверхности и усилилось снегозадержание, а с другой – более интенсивное накопление орга-

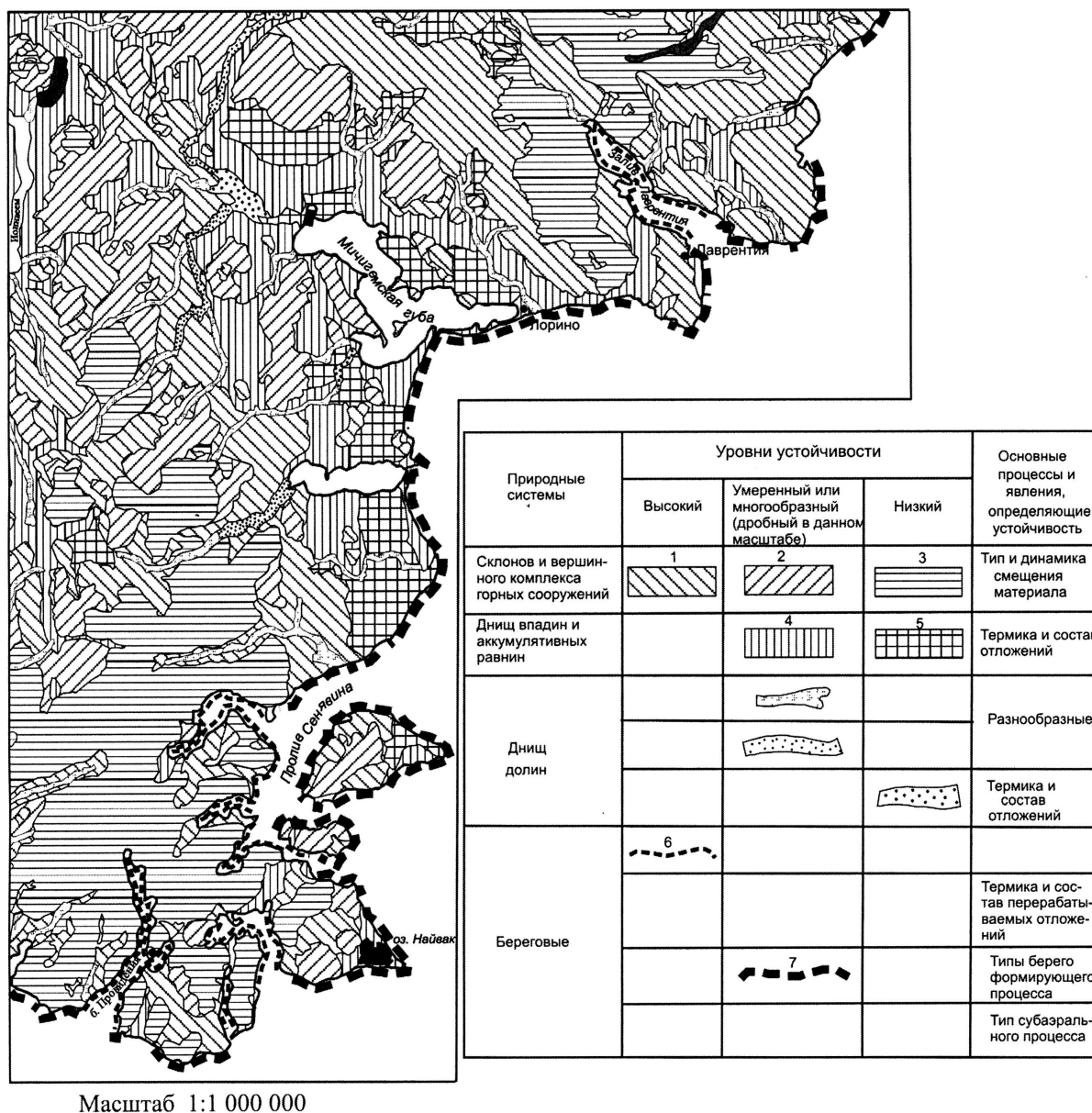


ники на поверхности привело бы к изменению подернового и внутригрунтового стока. Это должно было вызвать разнонаправленные колебания мощности деятельного слоя и нарушения термодинамического состояния вечной мерзлоты, что, в свою очередь, привело бы к локальной ее деградации или аградации.

Возведение водохранилищ одновременно с постройкой ГЭС приводит к нарушению состояния вечномерзлых толщ из-за изменения их среднегодовых температур в подошве слоя годовых колебаний. Так, до постройки Анадырского водохранилища в среднем течении р. Казачки эти температуры были равны в среднем  $-4^{\circ}\text{C}$ , а после постройки  $-0^{\circ}\text{C}$  [11].

При этом, в частности на Чукотке, в обстановке намечающейся «континентализации» климата и предполагаемой заповедности территории природные риски снижаются, а геосистемы здесь, как правило, будут сохранять свою изначальную устойчивость (рис. 4).

Устройство временных дорог в равнинной тундре приводит не только к механическому разрушению травяно-мохово-торфяного покрова, десятилетиями не восстанавливающегося. Глубокие колеи от тракторов и вездеходов (фактически единственного наземного транспорта в тундре) являются путями стока талых и дождевых вод. Такие «следы» быстро превращаются в широкие водородины и овраги. В результате ежегодного



Масштаб 1:1 000 000

Рис. 4. Фрагмент карты районирования по устойчивости природных систем Восточной Чукотки (сост. И. И. Крылов, Г. П. Скрыльник [14]). Условные обозначения: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – показатели уровней устойчивости ландшафтов, плавно изменяющиеся от высоких значений к низким



прокладывания на новых местах временных дорог по соседству с прежними вокруг большинства северных поселков тундра «распахана» и представляет собой обширные пространства, лишённые растительного покрова и изобилующие рытвинами, водороевами, провалами, оврагами и термокарстовыми озерами самых различных (от овальных до прямоугольных) очертаний. Причем во многих местах (например, вокруг поселков м. Шмидта, Певека, Депутатского, Шахтерского) процессы оврагообразования, термокарста, солифлюкции, морозобойного трещинообразования протекают дальше уже без вмешательства человека.

Строительство жилых поселков в пределах северных аллювиальных равнин, сложенных очень льдистыми грунтами [13], сопряжено с большими трудностями. Связано это с антропогенной активизацией многих мерзлотных процессов (в первую очередь, термокарстовых, особенно из-за выведения на поверхность и таяния полигонально-жилых льдов), протекающих с особой быстротой и усложняющих условия строительства и эксплуатацию сооружений.

Спуск теплых промышленно-бытовых вод в ручьи, озера, отдельные замкнутые западины приводит к заглублению здесь верхней кровли вечной мерзлоты и увеличению мощности деятельного слоя. Это активизирует термокарстовые (причина провалов) и оплывинно-солифлюкционные процессы (результат – понижение устойчивости сооружений).

При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом особенно будут активизироваться процессы физического выветривания горных пород, морозобойного трещинообразования и оплывинно-солифлюкционные движения грунтов на склонах.

## Выводы

Таким образом, в результате хозяйственного освоения северных территорий и усиливающегося вмешательства в их естественную природную обстановку будут активизироваться 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 могут усилиться из-за возрастания напряженности естественных и антропогенных аномальных явлений и процессов: глобальных – потепление климата и прогнозируемое повышение уровня океана [15]; континентальных – динамика границ природных зон, а также региональных – направленное изменение соотношений океанических и континентальных влияний; локальных – колебания устойчивости ландшафтов и смена типов природопользования [14].

В целом, пережив на протяжении длительного времени развития многие естественные катаклизмы, полярные ландшафты интенсивно разрушаются даже от относительно незначительных антропогенных воздействий, когда активизируются кризисные и катастрофические процессы, прежде всего термокарст, термоэрозия и термоабразия. Такие риски заметно повышаются в связи с разработкой новых нефтяных и газовых месторождений в Арктике и последующим их освоением (в сопровождении площадных нарушений почвенно-растительного покрова) без учета структуры и функционирования полярных ландшафтов.

Устойчивость природных систем сильно зависит от места, объектов, типа и масштабов антропогенного вмешательства. Следовательно, при современном освоении полярных территорий необходимо четко просчитывать экологические риски и с их учетом стремиться не просто сохранить ландшафты в первоизданном виде, а нормализовать природные обстановки для снятия деструктивных явлений.

Актуальность комплексной оценки изменений полярных ландшафтов (в частности, из-за колебаний климата в XX–XXI вв.) сейчас резко возрастает. Ее результаты являются также базой построения отдельных сценариев возможного переформирования организации ландшафтов в условиях глобального потепления климата. Все эти выводы находятся в рамках решения, прежде всего, региональной проблемы устойчивого развития территорий Севера.

## Библиографический список

1. Научно-технические проблемы освоения Арктики. М., 2015. 490 с.
2. Бакланов П. Я., Романов М. Т. Геополитические факторы долгосрочного развития арктических районов России // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2015. № 1. С. 95–99.
3. Берг Л. С. Географические зоны Советского Союза. М., 1947. 397 с.
4. Польшов Б. Б. Избранные труды. М., 1956. 751 с.
5. Солнцев В. Н. Хроноорганизация географических явлений // Вопросы географии. М., 1981. Вып. 117 : Геофизика ландшафта. С. 40–68.
6. Короткий А. М., Скрыльник Г. П. Особенности организации природных ландшафтов Приморья // Закономерности строения и эволюции геосфер : материалы V междунар. междисциплинарного симпозиума. Владивосток, 2000. С. 302–304.
7. Скрыльник Г. П. Принципиальная схема типов климоморфогенеза // Исследования глобальных факторов климоморфогенеза Дальнего Востока. Владивосток, 1979. С. 47–50.
8. Краткая географическая энциклопедия : в 4 т. Т. 2. / гл. ред. акад. А. А. Григорьев. М., 1961. 380 с.
9. Сейсмическое районирование Восточной Сибири и его геолого-геофизические основы / отв. ред. В. П. Солоненко. Новосибирск, 1977. 302 с.



10. Мясников Е. А., Сорокин П. С. Морфоструктурно-сейсмогеологические и физико-географические аспекты проявлений опасных эндодинамических процессов дальневосточного сектора Арктики // Вестн. Том. гос. ун-та. 2015. Т. 400, № 11. С. 381–392.
11. Иванец Б. С., Иванец Р. В., Скрьльник Г. П. Естественные и антропогенные тенденции развития вечной мерзлоты Анадырской тундры // Природа и Человек. Владивосток, 1973. С. 117–128.
12. Капица А. П., Никольская В. В., Скрьльник Г. П. О теоретических основах и значении многолетне-го прогноза развития рельефа Дальнего Востока // Природа и Человек. Владивосток, 1973. С. 109–112.
13. Втюрин Б. И. О происхождении залежей подземного льда в районе поселка Анадырь // Проблемы Севера. М., 1963. Вып. 3. С. 94–104.
14. Каплин П. А. Прогнозные карты устойчивости природных комплексов морских побережий в XXI веке // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5, География. 1995. № 1. С. 30–36.
15. Крылов И. И., Скрьльник Г. П. Рельеф и устойчивость геосистем Восточной Чукотки // Географические исследования на Дальнем Востоке : материалы науч. конф., посвящ. 150-летию образования РГО. Владивосток, 1997. С. 31–33.

---

**Образец для цитирования:**

Скрьльник Г. П., Сорокин П. С. Современное состояние и антропогенные последствия освоения полярных ландшафтов России // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 2. С. 97–103. DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-97-103.

**Cite this article as:**

Skrylnik G. P., Sorokin P. S. A Modern Condition and Anthropogenic Effects in the Course of Development of the Polar Landscapes of Russia. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2018, vol. 18, iss. 2, pp. 97–103 (in Russian). DOI: 10.18500/1819-7663-2018-18-2-97-103.

---