

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ МЕРЗЛОТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ (НА ПРИМЕРЕ ЯКУТИИ)

*С. В. Калиничева**

Институт мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН, г. Якутск, Россия

*ikoveta@rambler.ru

Аннотация. В статье приводится оценка устойчивости мерзлотных ландшафтов по двум критериям – температуре и льдистости пород. Представлены методики оценки устойчивости ландшафтов – шкала Пармузина С.Ю., разработанная им при районировании севера Западной Сибири по потенциальной возможности развития термокарста и принцип Граве Н.А., на основе которого ранее была составлена картосхема Якутской АССР по степени чувствительности поверхности к техногенным воздействиям. С применением двух представленных методик Пармузина С.Ю. и Граве Н.А. на основе Мерзлотно-ландшафтной карты Республики Саха (Якутия) масштаба 1: 1 500 000, а также карт температуры грунтов Республики Саха (Якутия) на глубине слоя годовых колебаний и льдистости поверхностных отложений были составлены карты устойчивости ландшафтов – проведено районирование территории Якутии по степени устойчивости к техногенным воздействиям. На карте, составленной по методике Пармузина С.Ю. ландшафты по степени устойчивости к техногенным воздействиям дифференцированы на четыре градации: неустойчивые, относительно неустойчивые, относительно устойчивые и устойчивые. Так, по данной методике неустойчивые ландшафты занимают наименьшую площадь территории исследования и распространены в основном в районе с островным и прерывистым распространением мерзлоты. Ландшафты районов Центрально-якутской равнины, Приленского плато и других низменностей со сплошным распространением мерзлоты характеризуются как относительно неустойчивые. Ландшафты относительно устойчивые занимают преобладающую часть Якутии. Ландшафты горных областей характеризуются как устойчивые. По методике Граве Н.А. ландшафты на карте разделены по трем градациям: относительно неустойчивые, относительно устойчивые и устойчивые. По вышеупомянутой методике, территория Центральной Якутии, располагающаяся в районе сильнольдистых грунтов и прибрежные арктические зоны, характеризуются как относительно неустойчивые. Вся остальная территория оценивается как относительно устойчивая и устойчивая.

Ключевые слова: многолетнемерзлые породы, мерзлотный ландшафт, льдистость пород, устойчивость ландшафтов, чувствительность поверхности, природно-территориальный комплекс, картографирование, техногенное воздействие, термокарст, термоэрозия.

ASSESSMENT OF THE PERMAFROST LANDSCAPES STABILITY IN EASTERN SIBERIA: THE CASE OF YAKUTIA

*S.V. Kalinicheva**

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Russia

*ikoveta@rambler.ru

Abstract. The article provides an assessment of the stability of permafrost landscapes by two criteria: temperature and ice content of ground. The methods of assessing the stability of landscapes are presented: the Parmuzin scale, developed by him during the zoning of the north of Western Siberia by the potential possibility of thermokarst development and the Grave principle, on the basis of which a map scheme of the Yakut ASSR was previously compiled by the degree of surface sensitivity to technogenic impacts. Using the two presented methods of Parmuzin and Grave, based on the Permafrost-landscape map of the Republic of Sakha (Yakutia) on a scale of 1: 1,500,000, as well as maps of ground temperature of the Republic of Sakha (Yakutia) at the depth of the layer of annual fluctuations and ice content of surface deposits, landscape stability maps were compiled, the territory of Yakutia was divided into zones according to the degree of resistance to technogenic impacts. On the map compiled

according to the Parmuzin method, landscapes according to the degree of resistance to technogenic impacts are differentiated into four gradations: unstable, relatively unstable, relatively stable and stable. Thus, according to this method, unstable landscapes occupy the smallest area of the study territory and are distributed mainly in the region with insular and discontinuous distribution of permafrost. Landscapes of the Central Yakut Plain, Prilenskoye Plateau and other lowlands with continuous permafrost distribution are characterized as relatively unstable. Relatively stable landscapes occupy the predominant part of Yakutia. Landscapes of mountainous regions are characterized as stable. According to the Grave method, landscapes on the map are divided into three gradations: relatively unstable, relatively stable and stable. According to the above-mentioned method, the territory of Central Yakutia, located in the area of highly icy soils and coastal arctic zones, is characterized as relatively unstable. The rest of the territory is assessed as relatively stable and stable.

Keywords: permafrost, permafrost landscape, ice content of ground, landscape stability, surface sensitivity, natural territorial complex, mapping, man-made impact, thermokarst, thermal erosion.

Введение

Территории, располагающиеся в зоне подстилая многолетнемерзлых пород (ММП), считаются легкоранимыми и характеризуются значительным периодом восстановления нарушенных компонентов природы вследствие замедленных процессов воспроизводства северных экосистем. Еще с начала 1980-х годов разные исследователи Н.А. Граве [1, 2, 3], С.Ю. Пармузин, С.Е. Суходольский [4], Дж. Браун [5], Н.А. Граве [1981], А.И. Сташенко [6], Н.П. Босиков и др. [7] и др. отмечали, что необходимо уделять особое внимание комплексному изучению состояния, динамики и эволюции мерзлотных ландшафтов. В последние десятилетия происходит существенное изменение мерзлотных ландшафтов. Нарушение природного равновесия, связанное с современным потеплением климата и антропогенными нарушениями, вызывает развитие криогенных процессов в незащищенных криогенных ландшафтах. В виду этого, оценка и картографирование устойчивости территории к техногенному воздействию является одной из актуальных задач на сегодняшний день. Хотя изучение вопроса устойчивости геосистем является одной из важнейших проблем, однако, до сих пор теория устойчивости, особенно геосистем Севера, находится в стадии становления. Разрабатываются новые методики оценки устойчивости и их пространственного представления. При сложившихся условиях оценки устойчивости территории необходимо давать пространственно-координированную информацию о ее состоянии посредством картографирования с использованием геоинформационных технологий.

Цель настоящей работы – оценка устойчивости ландшафтов территории Якутии по температуре и льдистости пород по методикам Пармузина С.Ю. и Граве Н.А.

Природные условия исследуемых участков

Якутия характеризуется многообразием природных условий и ресурсов. Рельеф в Якутии очень сложный. В основном это страна гор, плоскогорий и плато, которые занимают более 70 % ее территории. Так, на западе простирается Среднесибирское плоскогорье, ограниченное на севере Северо-Сибирской низменностью, на востоке Центрально-якутской низменностью. К востоку от долины р. Лена расположена система высокогорных хребтов: Верхоянский хребет, Сетте-Дабан, Сунтар-Хаята, хребет Черского, Момский хребет, между которыми простираются Янское, Эльгинское и Нерское плоскогорья, а также Оймяконское нагорье. Северо-восток Якутии в рельефе представлен в основном низменностями – Яно-Индигирской, Колымской и Абыйской, а также Юкагирским плоскогорьем. В южной части данной территории простираются Приленское плато, Олекмо-Чарское и Алданское нагорья. На крайнем юге возвышается Становой хребет [8].

В геологическом отношении территория Якутии принадлежит преимущественно к двум крупнейшим тектоническим структурам – Сибирской платформе и Верхояно-Чукотской области мезозойской складчатости [8].

Климат территории Якутии (за исключением побережья Северного Ледовитого океана) резко континентальный с очень холодной зимой и относительно жарким летом, малой облачностью, большим количеством штилей и слабыми, особенно в зимний период, ветрами. Средняя температура воздуха в Якутии: в июле $+20^{\circ}\text{C}$, в январе -39°C . Годовые суммы осадков для большей части территории составляют 200-250 мм, на юге и юго-западе – 350-500 мм. В течение года осадки распределяются неравномерно, в холодный период (с ноября по март) выпадает всего 15-20 % от общего количества, в теплый (с апреля по октябрь) – 75-80 %. Ввиду незначительного количества осадков, выпадающих зимой, снежный покров на подавляющей территории имеет небольшую мощность. Число дней со снежным покровом на территории колеблется в пределах от 220-225 на юге Якутии до 295 на побережьях и островах [9, 10].

Территория Якутии располагается в пределах трех ландшафтных зон: арктических пустынь (или ледяной), тундровой и таежной зон. Зона арктических пустынь характеризуется очень бедной растительностью, местами произрастают листовые лишайники и мхи, а на склонах теплых южных экспозиций встречаются кустарнички и некоторые цветковые травянистые растения. Растительность тундровой зоны представлена в основном мхами, лишайниками, кустарниками, карликовыми березами и ивами. В тайге преобладает даурская лиственница (85 % лесной площади), также повсеместно распространены сосна, кедровый стланик, ель, берёза, осина, в южных районах – кедр сибирский, в горных – душистый тополь и чозения. Помимо зональных типов ландшафтов на территории Якутии, имеют распространение аazonальные и интразональные ландшафты. [11].

Почти вся континентальная территория Якутии представляет собой зону сплошной многолетней мерзлоты, которая только на крайнем юго-западе переходит в зону её прерывистого распространения. Среднегодовая температура пород изменяется от $+5$ до -15°C . Глубина сезонного протаивания (промерзания) варьирует от 0,2 до 3,5 м, достигая в горных областях и предгорьях 6,0 метров. Средняя мощность мёрзлого слоя составляет 300–400 м, а в бассейне реки Вилюй достигает до 1500 м [12].

Материалы и методы исследования

В условиях вечной мерзлоты развитие ландшафтов, их трансформация или восстановление после нарушения во многом зависит от свойств ММП – температурного режима, криогенного строения и льдистости, мощности сезонно-талого слоя (СТС) и сезонно-мерзлого слоя (СМС). Ведущий характер криогенного фактора в ландшафтообразовании определяется спецификой природной среды северных регионов, наличием льда в литогенной основе и фазовыми переходами при его оттаивании и промерзании. Именно с последним связано, в каком направлении пойдет развитие ландшафта после нарушения. Поэтому для оценки устойчивости природно-территориальных комплексов (ПТК) к воздействиям, в качестве одного из ведущих критериев в дифференциации ландшафтов в области вечной мерзлоты, необходимо использовать свойства ММП [13]. Ввиду этого, в рамках настоящей работы для оценки устойчивости ландшафтов нами выбраны два общепринятых критерия: льдистость и температура пород.

Так, первый критерий – *температура* мерзлых пород поддерживает термодинамическую устойчивость ландшафтов. Любое нарушение теплового баланса мерзлых пород ведет к изменению их термодинамической устойчивости. И далее, в зависимости от направления изменения теплового потока в грунт на поверхности развиваются деструктивные процессы – термокараст, термоэрозия, солифлюкция и пучение, морозобойное растрескивание, образование грунтовых наледей [2]. В данном случае (относительно данного критерия) устойчивость ландшафта можно определить, как способность ее противостоять появлению или активизации криогенных процессов (пучение, морозобойное растрескивание, тепловые просадки грунтов, термокараст, солифлюкция) при техногенных воздействиях на поверхность осваиваемых территорий области вечной мерзлоты [2].

Второй критерий – *льдистость* мерзлых пород определяет насколько при нарушении теплового баланса произойдет деградация. Относительно этого критерия, устойчивость по Н.А. Граве [2], трактуется так: «Устойчивость поверхности в области многолетнемерзлых пород определяется наличием и условиями залегания подземного льда и льдистых пород, их температурным режимом, динамикой сезонного протаивания и промерзания, а также водным режимом поверхности».

Выделение типов мерзлых толщ, наиболее и наименее предрасположенных к развитию термокарста (перехода в неустойчивое состояние) не представляет сложности. К первым относятся участки, сложенные высокотемпературными сильнольдистыми отложениями, ко второму – участки распространения низкотемпературных слабольдистых грунтов. Другие типы ММП, характеризующиеся различным сочетанием среднегодовой температуры грунтов и объемной льдистости, занимают промежуточное положение между указанными экстремальными вариантами.

Исходя из вышеуказанного, можно сказать, что чем выше температура и сильнее льдистость мерзлых пород, тем неустойчивее данный ландшафт, и, наоборот, чем ниже температура пород и слабее льдистость, тем устойчивее данная территория.

Для оценки устойчивости мерзлотных ландшафтов Якутии, учитывающие вышеприведенные критерии, нами были выбраны 2 наиболее оптимальные на наш взгляд методики: 1. Шкала оценки устойчивости территории Пармузина С.Ю., разработанная им при районировании севера Западной Сибири по потенциальной возможности развития термокарста [14]; 2. Принцип Граве Н.А. (оценка устойчивости по льдистости) [2].

Результаты исследований

Для оценки устойчивости ландшафтов по указанным критериям и для составления карт устойчивости ландшафтов по двум вышеуказанным методикам были использованы такие карты, как Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия) (РС (Я)) [15] и составленные на ее основе – карта температуры грунтов РС (Я) на глубине слоя годовых колебаний и карта льдистости поверхностных отложений. Тематическое содержание перечисленных карт в геоинформационных системах представлено в виде электронных слоев.

Первый слой – ландшафтная карта, представлена 145 типами мерзлотных ландшафтов, полученных при наложении 20 типов местности и 36 группировок растительности. Во втором слое – на карте температуры грунтов на глубине слоя годовых колебаний отражены преобладающие температуры современного состояния многолетнемерзлых пород в интервале от -12 до -1 (°C). В третьем слое – на карте льдистости поверхностных отложений представлены преобладающие величины льдистости, которые представлены в основном пятью градациями меньше 0,2; 0,2 – 0,4; 0,4 – 0,6; 0,6-0,8; выше 0,8.

Использование вышеприведенных исходных слоев послужило основой для создания карт и оценки устойчивости мерзлотных ландшафтов Якутии по двум методикам – Пармузина С.Ю. и Граве Н.А.

Шкала устойчивости территории по Пармузину С.Ю.

Шкала устойчивости территории была разработана Пармузиным С.Ю. при районировании севера Западной Сибири по потенциальной возможности развития термокарста [14], где при оценке учитываются оба параметра мерзлых пород – температура и льдистость (табл.).

Таблица – Шкала устойчивости территории по температуре и льдистости ММП
 Table – Scale of stability of the territory by temperature and ice content of the permafrost

Льдистость доли единиц	Температура, °C			
	-1	-1... -3	-3... -5	> -5
< 0,2	2	4	4	5
0,2 – 0,4	1	2	3	4
> 0,4	1	1	2	3

1 – неустойчивые, 2,3 – относительно неустойчивые, 4 – относительно устойчивые, 5 – устойчивые.

Приведенная балльная шкала значительно облегчает определение устойчивости территории. Для этого на каждый тип ПТК (системе «тип местности – тип ландшафта») нами по легенде мерзлотно-ландшафтной карты РС (Я) была определена температура и льдистость пород, которые были включены в атрибутивную базу данных. Далее, когда были получены необходимые данные по двум показателям – температуре и льдистости, по шкале Пармузина С.Ю. была определена степень устойчивости и как результат составлена карта устойчивости мерзлотных ландшафтов РС (Я) по данной методике (рис. 1).

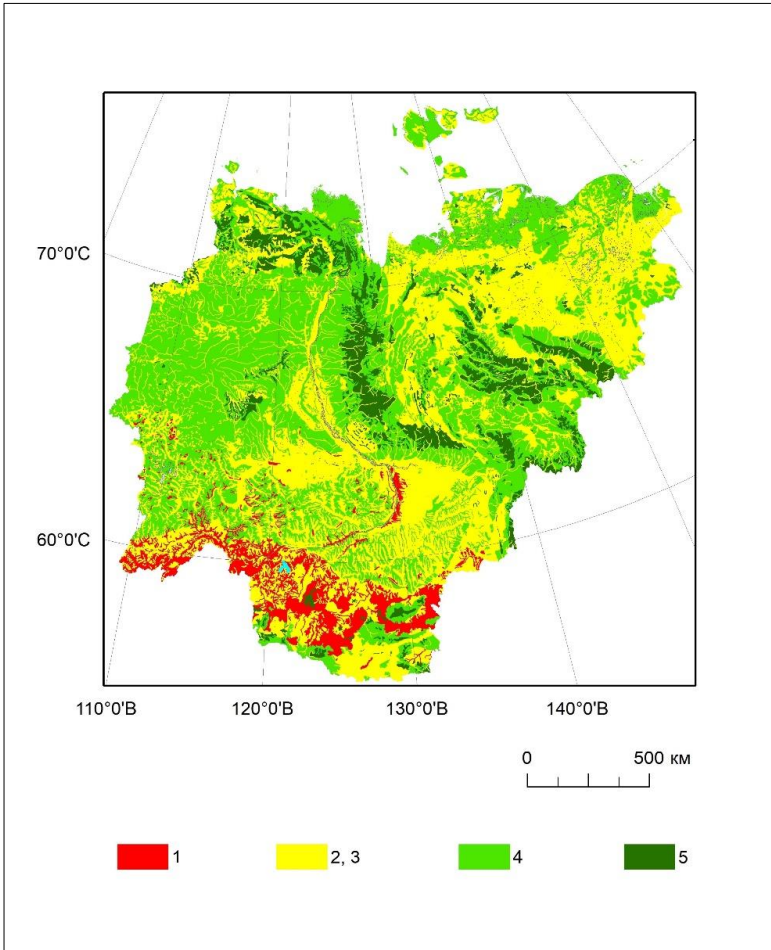


Рис. 1. Степень устойчивости ландшафтов РС (Я) (по Пармузину С.Ю., 1986):
 1 – Неустойчивые; 2,3 – Относительно неустойчивые; 4 – Относительно устойчивые; 5 – Устойчивые
Fig. 1. The degree of stability of the landscapes of the RS (Ya) (according to Parmuzin S.Yu., 1986):
 1 – Unstable; 2.3 – Relatively unstable; 4 – Relatively stable; 5 – Stable

Всего на карте выделено четыре градации, каждая из которых отображает ту или иную степень устойчивости ландшафта: красный цвет – неустойчивые, желтый цвет – относительно неустойчивые, светло-зеленый – относительно устойчивые и темно-зеленый – устойчивые.

По методике С.Ю. Пармузина неустойчивые ландшафты занимают наименьшую площадь территории исследования и распространены в основном в районе с островным и прерывистым распространением мерзлоты. Ландшафты районов Центрально-якутской равнины, Приленского плато, Северо-Сибирской, Яно-Индигирской, Абыйской и Колымской низменностей со сплошным распространением мерзлоты характеризуются как относительно неустойчивые. Ландшафты относительно устойчивые занимают преобладающую часть Якутии. Это в основном районы долин рек, прибрежных арктических районов, западная часть Алданского нагорья, участок междуречья Лены и Оленек со сплошным распространением мерзлоты в большей части выделенной территории и с прерывистым распространением на юге (западная часть Алданского нагорья). Ландшафты горных областей характеризуются как устойчивые.

Выделенные степени устойчивости показывают, насколько территория предрасположена к разрушению поверхности при минимальности ее нарушения.

Так, при *неустойчивости ландшафта*, даже разрывы растительного покрова могут вызвать интенсивный термокарст и термоэрозию, быстро распространяющиеся по площади и сильно преобразующие природный ландшафт. При *относительной неустойчивости* появление этих процессов при нарушениях растительного покрова вызывает подобное разрушение поверхности только на площадях, ограниченных в основном участками нарушений. При *относительной устойчивости* криогенные геоморфологические процессы при нарушении покрова интенсивно не развиваются. Только экскавация грунта и горные выработки, а также насыпи приводят здесь к значительному разрушению поверхности, но обычно ограниченному по площади контурами нарушения [14].

Принцип Граве Н.А.:

оценка устойчивости ландшафтов по льдистости

По принципу Н.А. Граве оценка устойчивости ландшафтов производится по одному критерию – льдистости мерзлых пород. Данный принцип вкратце можно сформулировать так: «Чем льдистее ландшафт, тем он неустойчивее».

Граве Н.А. в 1979 г. по этому принципу составил картосхему Якутской АССР по степени чувствительности поверхности к техногенным воздействиям [2]. Составленная по данному критерию карта устойчивости ландшафтов является более детальной вышеупомянутой картосхемы и показывает современное состояние льдистости ММП (рис. 2).

По данной методике оценки устойчивости территория Центральной Якутии, в т.ч. Лено-Алданского междуречья, располагающаяся в районе сильнольдистых грунтов и прибрежные арктические зоны характеризуются как относительно неустойчивые. Вся остальная территория оценивается как относительно устойчивая и устойчивая.

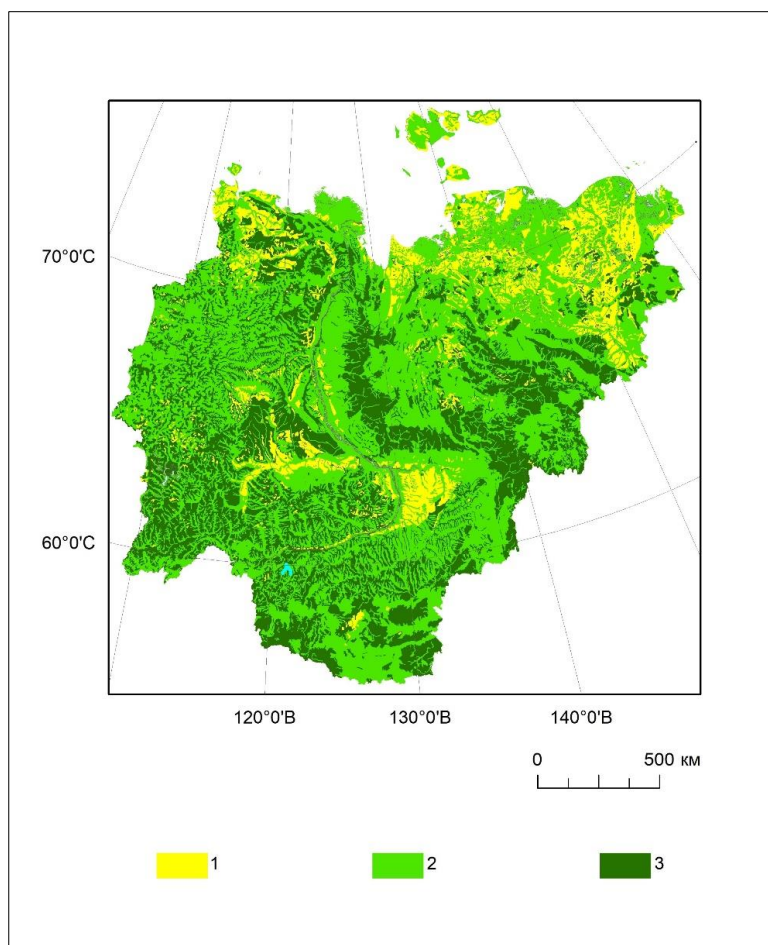


Рис. 2. Степень устойчивости ландшафтов Якутии по льдистости поверхностных отложений (по Граве Н.А., 1979):

1 – Относительно неустойчивые; 2 – Относительно устойчивые; 3 – Устойчивые

Fig. 2. The degree of stability of the landscapes of Yakutia in terms of the iciness of surface sediments (according to N.A. Grave, 1979):

1 – Relatively unstable; 2 – Relatively stable; 3 – Stable

Заключение

Оценка устойчивости ландшафта является весьма неоднозначной задачей. Сложность ее состоит в том, что ландшафт – объект очень емкий и многогранный, многокомпонентный, в виду этого, оценка ее устойчивости зависит от того, с какой стороны и как «глубоко» исследовать объект оценки. В данной работе устойчивость ландшафта определена с использованием усеченных параметров оценки только по основным природным критериям – температуре и льдистости.

Картографирование мерзлотных ландшафтов по степени устойчивости к внешним воздействиям позволяет выявить проблемные участки при техногенном воздействии и изменениям климата и в дальнейшем разработать природоохранные мероприятия с учетом изменений мерзлотных ландшафтов.

Выявление наиболее уязвимых и относительно устойчивых территорий послужит в дальнейшем основой для текущей оценки состояния природной среды в целях охраны природы и рационального природопользования в Республике Саха (Якутия).

Подобные геоинформационные модели могут быть применены для текущего и стратегического планирования социально-экономического развития Республики Саха (Якутия) с учетом изменений мерзлотных ландшафтов, а также для дальнейшей реализации республиканского Закона о защите вечной мерзлоты (в части разработки нормативных актов).

Литература

1. Граве, Н.А. Чувствительность поверхности к техногенному воздействию в области вечной мерзлоты, приемы и методы отражения ее на картах / Н.А. Граве. – Текст : непосредственный // Методика инженерно-геологических исследований и картирования области вечной мерзлоты. – Якутск: ИМЗ СО РАН, 1978. – С. 16–33.
2. Граве, Н.А. Принципы оценки чувствительности поверхности к техногенным воздействиям (на примере территории Якутии) / Н.А. Граве. – Текст : непосредственный // Охрана природы Якутии. – Якутск, 1979. – С. 91–94.
3. Граве, Н.А. Место и направление геокриологических исследований в проблеме охраны Среды и рационального природопользования в области вечной мерзлоты / Н.А. Граве. – Текст : непосредственный // Устойчивость поверхности к техногенным воздействиям в области вечной мерзлоты. – Якутск, 1980. – С. 6–12.
4. Пармузин, С.Ю. Опыт районирования территории с сильнольдистыми породами по устойчивости к техногенным воздействиям (на примере Среднего Ямала) / С.Ю. Пармузин, С.Е. Суходольский. – Текст : непосредственный // Устойчивость поверхности к техногенным воздействиям в области вечной мерзлоты. – Якутск, 1980. – С. 108–127.
5. Браун, Дж. Нарушение поверхности и ее защита при освоении Севера / Дж. Браун, Н.А. Граве. – Новосибирск: Наука, 1981. – 88 с. – Текст : непосредственный.
6. Сташенко, А.И. Устойчивость природных комплексов котловин Станового нагорья к техногенным нарушениям / А.И. Сташенко – Текст : непосредственный // Изв. ВГО. – 1983. – Т.115, вып.4. – С.294–300.
7. Босиков, Н.П. Мерзлотные ландшафты зоны освоения Лено-Алданского междуречья / Н.П. Босиков, И.С. Васильев, А.Н. Федоров. – Якутск, 1985. – 124 с. – Текст : непосредственный.
8. Якутия [Под ред. С.С. Коржуева]. – М.: Наука, 1965. – 467 с. – Текст : непосредственный.
9. Агроклиматические ресурсы Якутской АССР [Отв. ред. Мозолевская А.К.] – Л.: Гидрометеиздат, 1973 – 112 с. – Текст : непосредственный.
10. Климат России [Под. ред. Н.В. Кобышевой]. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 654 с. – Текст : непосредственный.
11. Данилов, Ю.Г. Ландшафты Якутии / Ю. Г. Данилов, А. Н. Федоров, Ж. Ф. Дегтева и др. – Якутск: Издательский дом Сев.-Вост. федерального ун-та, 2016. – 75 с. – Текст : непосредственный.
12. Мерзлота в наше время [Под ред. К. Йошикава] – Якутск : Центр социогуманитарных исследований, 2021. – 280 с. – Текст : непосредственный.
13. Федоров, А.Н. Мерзлотные ландшафты Якутии: методика выделения и вопросы картографирования / А.Н. Федоров. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1991. – 140 с. – Текст : непосредственный.
14. Пармузин, С.Ю. Районирование севера Западной Сибири по потенциальной возможности развития термокарста // Вопросы геокриологического картирования. – Якутск, 1986. – 78–85.
15. Мерзлотно-ландшафтная карта Республики Саха (Якутия). Масштаб 1: 1 500 000 / Федоров А.Н. [и др.]; [ред. М.Н. Железняк]. – Якутск.: ИМ СО РАН, 2017. – 2 л.

References

1. Grave, N.A. Chuvstvitel'nost' poverhnosti k tehnogennomu vozdeystviyu v oblasti vечноj merzloty, priemy i metody otrazhenija ee na kartah / N.A. Grave. – Tekst : neposredstvennyj // Metodika inženerno-geologicheskikh issledovanij i kartirovanija oblasti vечноj merzloty. – Jakutsk: IMZ SO RAN, 1978. – S. 16–33.
2. Grave, N.A. Principy ocenki chuvstvitel'nosti poverhnosti k tehnogennym vozdeystvijam (na primere territorii Jakutii) / N.A. Grave. – Tekst : neposredstvennyj // Ohrana prirody Jakutii. – Jakutsk, 1979. – S. 91–94.
3. Grave, N.A. Mesto i napravlenie geokriologicheskikh issledovanij v probleme ohrany Sredy i racional'nogo prirodopol'zovanija v oblasti vечноj merzloty / N.A. Grave. – Tekst : neposredstvennyj // Ustojchivost' poverhnosti k tehnogennym vozdeystvijam v oblasti vечноj merzloty. – Jakutsk, 1980. – S. 6–12.
4. Parmuzin, S.Ju. Opyt rajonirovanija territorii s sil'nol'distymi porodami po ustojchivosti k tehnogennym vozdeystvijam (na primere Srednego Jamala) / S.Ju. Parmuzin, S.E. Suhodol'skij. – Tekst : neposredstvennyj // Ustojchivost' poverhnosti k tehnogennym vozdeystvijam v oblasti vечноj merzloty. – Jakutsk, 1980. – S. 108–127.
5. Braun, Dzh. Narushenie poverhnosti i ee zashhita pri osvoenii Severa / Dzh. Braun, N. A. Grave. – Novosibirsk: Nauka, 1981. – 88 s. – Tekst : neposredstvennyj.
6. Stashenko, A.I. Ustojchivost' prirodnykh kompleksov kotlovin Stanovogo nagor'ja k tehnogennym narushenijam / A.I. Stashenko – Tekst : neposredstvennyj // Izv. VGO. – 1983. – T. 115, vyp. 4. – S. 294–300.
7. Bosikov, N.P. Merzlotnye landshafty zony osvoenija Leno-Aldanskogo mezhdurech'ja / N.P. Bosikov, I.S. Vasil'ev, A.N. Fedorov. – Jakutsk, 1985. – 124 s. – Tekst : neposredstvennyj.
8. Jakutija [Pod red. S.S. Korzhueva]. – M.: Nauka, 1965. – 467 s. – Tekst : neposredstvennyj.
9. Agroklimaticheskie resursy Jakutskoj ASSR [Otv. red. Mozolevskaja A.K.] – L.: Gidrometeoizdat, 1973 – 112 s. – Tekst : neposredstvennyj.
10. Klimat Rossii [Pod. red. N.V. Kobyshevoj]. – SPb.: Gidrometeoizdat, 2001. – 654 s. – Tekst : neposredstvennyj.
11. Danilov, Ju.G. Landshafty Jakutii / Ju. G. Danilov, A. N. Fedorov, Zh. F. Degteva i dr. – Jakutsk: Izdatel'skij dom Sev.-Vost. federal'nogo un-ta, 2016. – 75 s. – Tekst : neposredstvennyj.
12. Merzlota v nashe vremja [Pod red. K. Joshikava] – Jakutsk : Centr sociogumanitarnykh issledovanij, 2021. – 280 s. – Tekst : neposredstvennyj.
13. Fedorov, A.N. Merzlotnye landshafty Jakutii: metodika vydelenija i voprosy kartografirovanija / A.N. Fedorov. – Jakutsk: In-t merzlotovedenija SO AN SSSR, 1991. – 140 s. – Tekst : neposredstvennyj.
14. Parmuzin, S.Ju. Rajonirovanie severa Zapadnoj Sibiri po potencial'noj vozmozhnosti razvitija termokarsta // Voprosy geokriologicheskogo kartirovanija. – Jakutsk, 1986. – 78–85.
15. Merzlotno-landshaftnaja karta Respubliki Saha (Jakutija). Masshtab 1: 1 500 000 / Fedorov A.N. [i dr.]; [red. M.N. Zheleznyak]. – Jakutsk.: IM SO RAN, 2017. – 2 l.

Сведения об авторах

КАЛИНИЧЕВА Светлана Вячеславовна – к.г.н., лаб. ГИС и картографирования криолитозон, Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, e-mail: ikoveta@rambler.ru

KALINICHEVA Svetlana V. – Candidate of Geographical Sciences, Laboratory of GIS and permafrost mapping, Melnikov Permafrost Institute SB RAS, e-mail: ikoveta@rambler.ru