

А.Н. БРАГИН

АО «Дальневосточный проектно-изыскательский институт транспортного строительства»,  
680000, Хабаровск, ул. Шеронова, 56а, Россия, Andrei\_bragin@mail2000.ru

## ОСТАТКИ РЕЛИКТОВОЙ МЕРЗЛОТЫ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ТАТАРСКОГО ПРОЛИВА

*Впервые описаны обнаруженные автором работы фрагменты реликтовой мерзлоты на побережье Татарского пролива в долине р. Медвежьей, представленные комплексом бугров пучения, расположенных в межгорье гор Купол и Малая Медвежка. Изучены форма, основные особенности, площадь распространения, а также выявлены ландшафтно-индикационные и дешифровочные признаки комплекса мерзлотных бугров пучения на территории Татарского пролива. На одном из ярко выраженных бугров пучения пробурена скважина на всю глубину распространения многолетнемерзлых грунтов с описанием ядра (состав пород, наличие признаков мерзлоты, глубина и мощность ММГ) и выявлены ее грунтово-геологические условия — мощность и состав пород. Охарактеризованы основные грунтово-геологические и климатические факторы сохранения комплекса мерзлотных бугров пучения в долине р. Медвежьей, среди которых мощный торфяной горизонт, геоморфологические условия и микроклиматические особенности. Дана вероятная оценка времени образования реликтовых криогенных форм. Затронуты вопросы происхождения бугристых торфяников по отношению к выявленным реликтовым мерзлотным формам. Кроме этого, отмечена и интерполирована роль палео-географических условий на территории Нижнего Приамурья на примере ближайшего объекта исследований: торфяника Тяпка и урочища Большая Марь. Определено сходство с миграционными буграми пучения, связанными с миграцией влаги к фронту промерзания при промерзании сильнообводненных мочажинных болот. Однако установлено, что доминирующая роль при образовании реликтовых мерзлотных форм в долине р. Медвежьей принадлежит эрозионным и термокарстовым процессам.*

**Ключевые слова:** криохрон, криолитозона, комплекс бугров пучения, криогенные формы рельефа, шлировое льдо-накопление, миграционные бугры пучения.

A.N. BRAGIN

JSC Far Eastern Design and Exploration Institute of Transport Construction,  
680000, Khabarovsk, ul. Sheronova, 56a, Russia, Andrei\_bragin@mail2000.ru

## RESIDUAL RELICT PERMAFROST ON THE COAST OF THE STRAIT OF TARTARY

*This article describes for the first time the fragments of relict permafrost discovered by the author on the coast of the Strait of Tartary in the valley of the Medvezhya river, represented by a complex of frost mounds located in the intermontane area of the Kupol and Malaya Medvezhka mountains. The form, main features and the area of occurrence were studied as well as identifying the landscape-indication and identification features of the complex of frost mounds on the territory of the Strait of Tartary were revealed. On one of the clearly pronounced frost mounds, a well was drilled to the full depth of permafrost occurrence, with the description of the core (rock composition, presence of signs of permafrost, depth and thickness of permafrost), and its ground-geological conditions: rock thickness and composition were determined. The main soil-geological and climatic factors of the preservation of the complex of frost mounds in the Medvezhya river valley, including a thick peat horizon, geomorphological conditions and microclimatic features, are characterized. A probable estimate is made of the time of formation of relict cryogenic forms. The issues related to the origin of hummocky peatlands with respect to the identified relict permafrost forms are discussed. In addition, the role of paleogeographical conditions on the territory of the Lower Amur region is pointed out and interpolated using, as an example, the nearest research object: the Tyapka peat bog in the Bolshaya Mar' urochishche. A similarity with migration frost mounds associated with migration of moisture to the freezing front at the time of freezing of heavily waterlogged bogs with pools was determined. It is found, however, that the dominant role is played by erosion and thermokarst processes in the formation of relict permafrost forms in the Medvezhya river valley.*

**Keywords:** cryochrone, permafrost zone, complex of frost mounds, cryogenic landforms, streaky ice accumulation, migration frost mounds.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в связи с тенденцией глобального потепления климата, выраженного в повышении среднегодовых температур, наблюдается трансформация физико-географических условий на территории России и сопредельных государств.

В данный период актуальны следующие вопросы научных и научно-производственных исследований: влияние глобального изменения климата на область распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ); смещение границ ММГ как в широтно-меридиональном направлении, так и по глубине; влияние деградации ММГ криолитозоны на хозяйственные объекты и развитие криогенных процессов в пределах южной периферии зоны развития многолетнемерзлых пород.

Согласно схематической геокриологической карте Т.А. Куриновой [1], территория юга Дальнего Востока по геокриологическим условиям представлена участками сплошного, прерывистого, массивно-островного, островного и редкоостровного распространения ММГ общей площадью 40 % и областью сезонного промерзания — 60 %.

По реконструкции палеогеографических событий [2], территория Дальнего Востока подвергалась воздействию криогенных явлений на протяжении среднего и позднего плейстоцена. В среднем плейстоцене исследователи выделили один климатический ритм, представленный одним термохроном и возможным существованием островов многолетнемерзлых пород малой мощности, следов которых в настоящее время не обнаружено. В позднем плейстоцене, в период сартанского криохрона (28,5–12,5 тыс. л. н.), отличающегося особенными суровыми климатическими и геокриологическими условиями со среднегодовой температурой  $-5\div-6$  °С, криолитозона занимала всю территорию юга Дальнего Востока.

В настоящее время многими исследователями встречены криогенные формы рельефа, распространенные как в пределах [3], так и за пределами современной криолитозоны на берегах морей и заливов, на островах Дальнего Востока и зарубежных стран [4], получившие название «миграционные бугры пучения» [5].

В процессе проведения инженерных изысканий в долине р. Медвежьей на побережье Татарского пролива автором были обнаружены спорадически расположенные бугры пучения со специфическими ландшафтно-индикационными признаками, имеющие ограниченное распространение. Выявленные формы криогенеза были классифицированы как «реликты» остаточной мерзлоты, сохранившиеся при результирующей роли грунтово-геологических и климатических факторов.

Цель данной работы — выявление особенностей строения обнаруженных на побережье Татарского пролива реликтовых мерзлотных форм, их положения в рельефе, факторов, способствующих сохранению выявленных бугров пучения за пределами зоны современного прерывистого распространения многолетнемерзлых грунтов (ММГ), а также возможный генезис объектов исследований на основе известных гипотез происхождения бугристых торфяников.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Основной объект исследований представлен комплексом бугров пучения, расположенным в долине р. Медвежьей на побережье Татарского пролива ( $52^{\circ}09'37,83''$  с. ш.,  $141^{\circ}24'29,70''$  в. д.).

В ходе исследования проведено дешифрирование космоснимков ESRI ArcGis Imagery [6] с определением ландшафтно-индикационных признаков, характера распространения криогенных форм рельефа и приуроченности их к основным геоморфологическим элементам. При маршрутном обследовании площади распространения бугров пучения проводилась привязка к существующим геоморфологическим элементам и описание морфометрических характеристик. Также на наиболее ярко выраженном в рельефе бугре пучения была пробурена скважина глубиной 7 м с описанием керна (состав пород, наличие признаков мерзлоты, глубина и мощность ММГ). Для работы использовались фондовые данные ВНИИГМИ-МЦД о динамике изменения среднегодовых температур воздуха. На основе известных гипотез определен генезис криогенных форм рельефа на изучаемой местности.

Проведенные результаты исследований бугров пучения позволяют выявить факторы, способствующие сохранению реликтовой мерзлоты на побережье Татарского пролива.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В геоморфологическом отношении комплекс мерзлотных бугров пучения расположен в межгорье гор Купол и Малая Медвежка и приурочен к долине р. Медвежьей, врезанной в поверхность морской

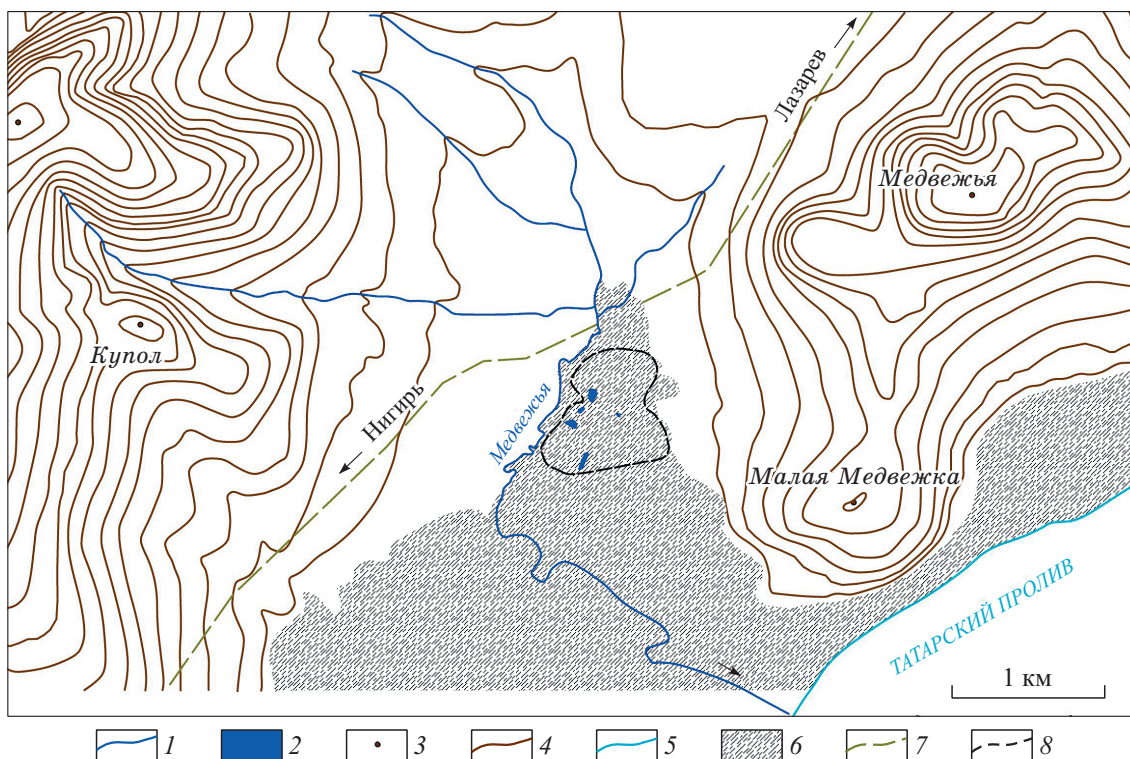


Рис. 1. Карта-схема расположения реликтовой мерзлоты на побережье Татарского пролива.

1 — реки; 2 — пойменные водоемы; 3 — горные вершины; 4 — горизонталы; 5 — береговая линия Татарского пролива; 6 — болото морской террасы Татарского пролива; 7 — грунтовая автодорога Нигирь–Лазарев; 8 — граница участка реликтовой мерзлоты.

террасы высотой до 10 м, глубоко вдающейся в коренной берег. Определяющим ландшафтом распространения ММГ является осоково-кустарничково-моховое болото с редкостойной угнетенной лиственницей (рис. 1).



Рис. 2. Поля реликтовой мерзлоты.

По форме бугры пучения представлены невысокими (до 1,5 м, местами — до 2,5 м) округлыми (диаметр 4–5 м), овальными или вытянутыми в плане на 10–30 м (местами до 50 м) полигональными криогенными образованиями, со следами радиальных морозобойных трещин, шириной 2–5 см (рис. 2). Поверхность бугров повсеместно покрыта лишайником — ягелем, который в данной местности классифицируется как ландшафтно-индикационный и дешифровочный признак криогенных форм рельефа. По периферии бугров пучения распространены «межбугровые талики» шириной от 2–3 до 5–8 м и глубиной до 0,3–0,5 м.

На участке развития реликтовых форм большое распространение получили термокарстовые озера округлой формы с ровной береговой линией. Их глубина не превышает 2 м. Берега водоемов обрывистые, дно ровное супечано-суглинистое с включением торфа.

По данным космического снимка ESRI ArcGis Imagery [6], полученного с помощью программы Sas Planet, поля бугров пучения хорошо дешифрируются по характерным «серым пятнам» на общем темно-зеленоватом фоне болота. Морфологически площадь распространения реликтовой мерзлоты представлена обширным бугристым полем общей площадью 400 тыс. м<sup>2</sup>, вытянутым с запада на восток, со следами — «языками» ответвлений периферийных частей в северном направлении. С удалением от основной площади полей бугров пучения большое распространение получают единичные бугры и фрагментарные площади небольших (до 20 тыс. м<sup>2</sup>) полей бугров ММГ.

В долине р. Медвежьей на вершине бугра пучения была заложена скважина глубиной 7 м, с помощью которой взят керн. Описание его состава приведено ниже.

1. 0–0,2 м — мох, светло-зеленого цвета с корнями растений, влажный.
2. 0,2–0,5 м — сезонно-талый торф светло-коричневого цвета, влажный, с корнями редкостойной лиственницы, средней степени разложения.
3. 0,5–3,9 м — торф коричневого цвета с корнями редкостойной лиственницы, слабой степени разложения, мерзлый. Криогенная структура порфировидная, льдистость до 15–25 %.
4. 3,9–6,2 м — суглинок коричневого цвета, с прослоями ила мощностью менее 10 см, мерзлый. Криогенная текстура слоистая с линзами (прослойками) столбчатого льда до 2 см. Льдистость грунта составляет от 30 до 35 %.

5. 6,2–7 м — суглинок талый темно-серого цвета, тугопластичной консистенции без видимых включений органических веществ.

На сохранение реликтовых мерзлотных форм рельефа рассматриваемой территории оказали влияние следующие факторы: мощный торфяной горизонт, температурная инверсия и ветровое воздействие.

*Мощный торфяной горизонт* до 4 м слабой степени разложения способствует формированию и сохранению специфических криогенных форм рельефа в данном регионе, расположенном в области сезонного промерзания грунтов с возможным распространением небольших островов мерзлоты и перелетков на северных склонах, покрытых мохово-торфяной растительностью [1].

*Температурная инверсия* связана с расположением бугров пучения на участке понижения между горами Малая Медвежка и Купол (см. рис. 1). Положение криоформ в рельефе определяется доминирующей ролью фактора зимней температурной инверсии, влияющей на сохранение бугров пучения ММГ при ведущей тенденции глобального повышения среднегодовых температур воздуха (рис. 3). Так, по данным ВНИИГМИ-МЦД [7], среднегодовые температуры воздуха по метеостанции Погиби повышаются со скоростью 0,34 °С/10 лет. Осредненная за последние 10 лет среднегодовая температура составила –0,8 °С, т. е. начиная с 1960–1970-х гг., когда среднегодовая температура зафиксирована на уровне –1,79 °С, произошло повышение в среднем на 1 °С.

На остальной части побережья Татарского пролива площади мерзлотных полей отсутствуют, за исключением участков долины р. Псю [4], заключенной между хребтами Чаячий и Большой Отрог, и в районе южного подножья горы Медвежья.

Приуроченность криоформ к плоской поверхности днища долины и ее открытости по отношению к Татарскому проливу приводит к усилению роли ветра в сохранении бугров пучения (ветровое воздействие). В зимнее время с их приподнятых поверхностей легко сдувается снег, следствием чего становится понижение температуры и глубокое промерзание грунта.

По возрастному характеру состав пород и слабая степень разложения торфа указывают на сингенетический тип формирования мерзлоты в позднечетвертичное время. Согласно данным В.Б. Базаровой [8], активный болотообразовательный процесс и накопление торфа на территории Нижнего Приамурья относятся к позднеледниковью (более 12 тыс. л. н.) — периоду позднедриасового похолодания, характеризующегося суровыми климатическими условиями. Растительный покров территории состоял из редколесья — кустарниковых берез с примесью ольховника. В разрезе ближайшего к объ-

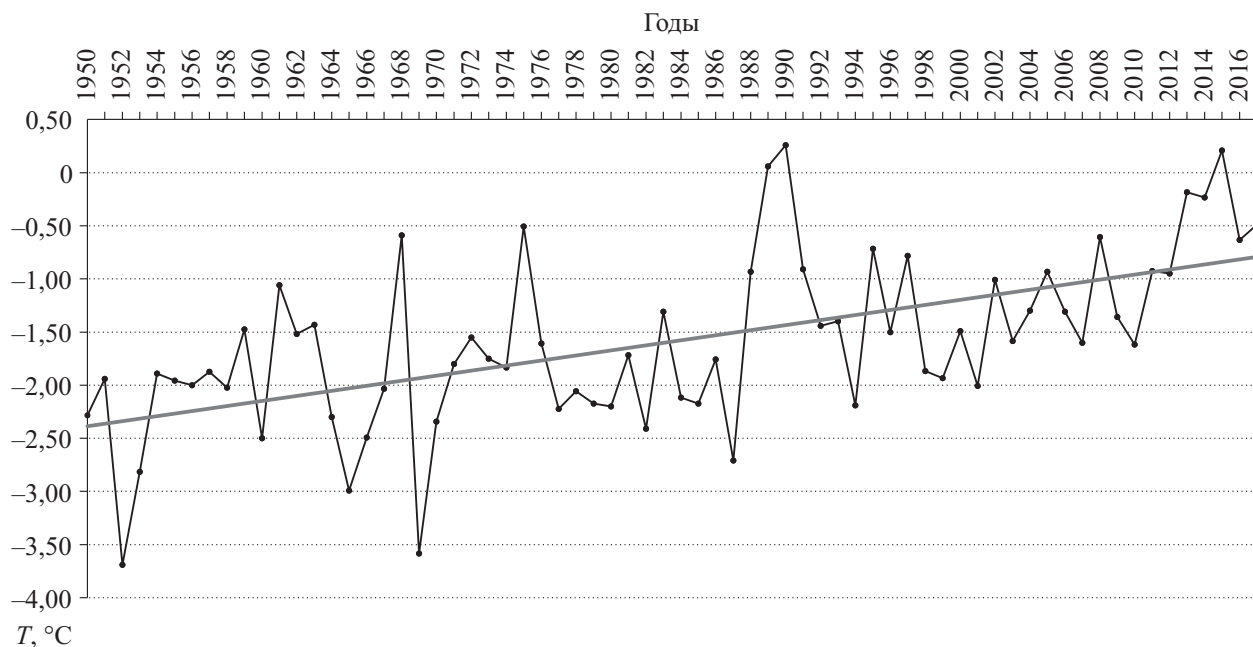


Рис. 3. Динамика среднегодовых температур за период 1950–2017 гг. по метеостанции Погиби (данные ВНИИГМИ-МЦД).

Линия тренда — рост среднегодовых температур с 1950 по 2016 г.

екту исследований торфяника «Тяпка» урочища «Большая Марь» выделено 14 палинозон, среди которых изучена палинозона *Betula* куст — *Ainaster*, отнесенная к позднему дриасу. Вероятно, после образования торфяного покрова нижней палинозоны, который в позднем дриасе был представлен деятельным слоем, произошел его последовательный переход от сезонномерзлого основания в многолетнемерзлое состояние по мере накопления вышележащих торфяных слоев.

А.И. Попов, В.А. Кудрявцев и другие авторы относят данный тип образований к миграционным буграм пучения [5, 9]. Их возникновение связано с миграцией влаги к фронту промерзания при промерзании сильнообводненных мочажинных болот. В.А. Кудрявцев [5] дает такое объяснение образованию бугристых торфяников. На изолированном небольшом участке болота с торфяными залежами, окруженном минеральными почвами, изотермы принимают дугообразную форму, а миграция воды идет перпендикулярно изотермам, направляясь под торфяные отложения. В зимний период вода под торфяными залежами промерзает, вызывая выпучивание поверхности грунта под торфом. Последующий рост бугров облегчается сдуванием с них снега и сильным промерзанием. В понижениях между ними скапливается вода, что приводит к усилению их прогревания летом и увеличению крутизны изгибов изотерм. Это, в свою очередь, ускоряет миграцию влаги и рост бугров. Таким путем они достигают высоты 1,5–2 и даже 4–8 м.

Однако автор данной работы при объяснении причин возникновения бугристых торфяников на участке исследований считает, что главный фактор образования полей бугров пучения в долине р. Медвежьей — снижение поверхности болот под влиянием эрозионных и термокарстовых процессов. Бугры — это останцы бывлой поверхности болот, пока еще не разрушенные эрозией и термокарстом. В процессе быстрого стока воды с болота первичные борозды все более разрабатывались и прорезали торф и рыхлые минеральные слои под ним. Затем происходило постепенное разрушение бугров в результате таяния мерзлого грунта от соприкосновения с воздухом и подтачивания его водой соседних мочажин. Н.И. Пьявченко [10] генетически связывает плоскобугристые торфяники с полигональными, считая первые дальнейшей стадией эволюции вторых — вытаивания ледяных клиньев в трещинах, разрушение краев полигональных отдельных и выноса продуктов разрушения в мочажины. Процесс разрушения современных мерзлых торфяников и их останцов выражен отчетливо. Сильнольдистый минеральный грунт, подстилающий мерзлые торфяники, при оттаивании дает сильную осадку, вследствие чего и возникают провалы и трещины, широкие мочажины, долины стока, среди которых выносятся еще сохраняющие высоту бугры. Поверхностно-сточные и выходящие в мочажины подмерзлотные воды быстро разрушают мерзлоту с погружением в топь полуразрушенных торфяных бугров.

Ю.С. Прозоров [11] для территории Нижнеамурской низменности связывает образование бугристых болот с изменением климата в плейстоцене и в голоцене. Он предполагал, что в сартанское время многолетнемерзлые грунты распространялись значительно южнее современных границ. Накопление торфяных отложений задержало начало таяния мерзлоты до времени климатического оптимума, а местами и до настоящего времени. В результате ее таяния возникли явления термокарста, болота сильно обводнились, образовались бугры-останцы и топи, а позднее на талых болотах возникли и грядово-мочажинные комплексы.

Несмотря на схожесть выявленных бугров пучения с миграционными (грунтово-геологические условия, связанные со шлировым льдонакоплением сегрегационного льда из влаги, содержащейся в дисперсных горных породах), данные криогенные образования имеют эрозионное и термокарстовое происхождение (остатки былой поверхности болот), что обосновано следующим [11]:

– на морской террасе не обнаружено никаких признаков современного или недавнего образования бугров, кроме сезонномерзлых, следы же их разрушения под влиянием термокарста встречаются повсеместно. Кроме этого, широко развиты термокарстовые и эрозионные процессы прошлого, когда сформировалась масса вторичных термокарстовых озер;

– суглинки, выстилающие дно бугров пучения, водонепроницаемы, поэтому миграция большого количества влаги по таким породам на расстояние в несколько сот метров на глубину более 4 м мало вероятно;

– очертание бугров в профиле и плане, их большие размеры и расположение никак не увязываются с представлениями о пучении. Сложную конфигурацию бугров в плане с отрогками и извилистыми границами при поперечнике в 500–700 м очень трудно объяснить пучением. В отдельных местах наблюдается большое скопление бугров, расположенных почти рядом. Все это противоречит схемам пучинистого происхождения грунтов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаружение реликтовых остатков мерзлоты на побережье Татарского пролива свидетельствует о существовании здесь в доголоценовое время условий, способствующих формированию, а в настоящее время — сохранению участков многолетнемерзлых пород даже в условиях глобального повышения среднегодовых температур.

Мощная торфяная подушка и слабая теплопроводность торфа в талом состоянии способствуют сохранению мерзлых грунтов на глубине до 6 м, а в летнее время препятствуют их оттаиванию и деградации. Температурная инверсия в комплексе с ветровым воздействием оказывают благоприятное воздействие на поддержание низких температур поверхности в зимнее время.

Обнаруженные формы криогенного рельефа по грунтово-геологическим условиям с большой вероятностью можно отнести к сингенетическому типу формирования мерзлоты в позднечетвертичное время, когда после образования торфяного покрова нижней палинозоны, который в позднем дриасе был представлен деятельным слоем, произошел последовательный переход от сезонномерзлого состояния в многолетнемерзлое состояние по мере накопления вышележащих торфяных слоев [8].

Несмотря на связь грунтово-геологических условий объектов исследований с миграционными буграми пучения, доминирующую роль в возникновении выявленных объектов реликтовой мерзлоты в долине р. Медвежьей играли эрозионные и термокарстовые процессы — остатки былой поверхности болот.

Исследования современных мерзлотных форм рельефа на участках спорадического распространения ММГ в дальнейшем не только конкретизируют возраст и генезис криогенных образований, их динамику и трансформацию в условиях глобального потепления, но также позволяют аккумулировать и проанализировать новые данные о палеогеографических условиях и реконструкциях западного побережья Татарского пролива в общей картине развития территории юга Дальнего Востока в позднечетвертичном периоде.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Схематическая** геокриологическая карта // Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток / Под ред. Э.Д. Ершова. — М.: Недра, 1989. — С. 418.
2. **Ершов Э.Д.** Геокриологии СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. — М.: Недра, 1989. — 516 с.

3. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Миграционные бугры пучения на Европейском Севере России — южный и северный пределы ареала и современная динамика // Инженерная геология. — 2011. — № 2. — С. 56–72.
4. Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н., Станиловская Ю.В. Миграционные бугры пучения в криолитозоне Восточной Сибири и Дальнего Востока // Инженерная геология. — 2014. — № 1. — С. 40–64.
5. Кудрявцев В.А. Общее мерзлотоведение (геокриология). Изд. 2-е, пер. и доп. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1978. — 464 с.
6. Космический снимок ArcGIS Imagery [Электронный ресурс]. — <http://server.arcgisonline.com> (дата обращения 21.12.2019).
7. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России [Электронный ресурс]. — <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index.html?idata=8> (дата обращения 21.12.2019).
8. Базарова В.Б. Палеогеографические условия развития торфяников Нижнего Приамурья в позднеледниковье-голоцене: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Владивосток: Изд-во Тихоокеан. ин-та географии ДВО РАН, 2003. — 20 с.
9. Попов А.И. Вечная мерзлота в Западной Сибири. — М.: Изд-во АН СССР, 1953. — 230 с.
10. Пьявченко Н.И. Бугристые торфяники. — М.: Изд-во АН СССР, 1955. — 279 с.
11. Прозоров Ю.С. Болота нижнеамурских низменностей. — Новосибирск: Наука, 1974. — 212 с.
12. Марахтанов В.П. Литостатический механизм образования форм криогенного пучения // Геоморфология. — 2015. — № 1. — С. 22–35.
13. Горелик Я.Б. Физика и моделирование криогенных процессов в литосфере. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2002. — 315 с.
14. Матюшков Г.В., Соловьёв А.В., Мельников О.А. Естественная история Сахалина и Курильских островов. Геологическое прошлое острова Сахалин. — Южно-Сахалинск: Изд-во Сахалин. обл. краевед. музея, 2014. — 124 с.
15. Денисенко В.П. Основы болотоведения: Учебное пособие. — СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2000. — 224 с.
16. Короткий А.М. Признаки мерзлотных процессов в четвертичных отложениях островных территорий (на примере Южных Курил) // Вестн. ДВО РАН. — 2011. — № 2. — С. 45–58.
17. 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.
18. Васильчук Ю.К. Рубеж плейстоцена и голоцена — около 10 тысяч лет назад — время коренной смены типичных геокриологических образований // Криосфера Земли. — 2012. — Т. 16, № 3. — С. 29–38.
19. Шаманова И.И. Изучение текстурообразующих льдов при инженерных изысканиях в районах распространения многолетнемерзлых грунтов // Инженерная геология. — 2015. — № 5. — С. 6–11.
20. Касымская М.В. Сезонные и многолетние бугры пучения Северо-Востока полуострова Ямал // Научно-исследовательские публикации. — 2014. — № 15 (19). — С. 13–18.
21. Соломатин В.И. Сингенетическое и эпигенетическое промерзание морских отложений на побережье Печорского моря // Подземный лед. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1965. — Вып. 1. — С. 183–192.
22. Афанасьев В.В. Геоморфологическое строение и история развития прибрежной равнины Северо-Западного Сахалина // Проблемы современной науки и образования. — 2016. — № 11. — С. 139–148.

*Поступила в редакцию 14.08.2019*

*После доработки 15.01.2020*

*Принята к публикации 25.09.2020*