

НАЛЕДИ В СТЕПЯХ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ**В.Н. Черных, А.А. Аюржанаев, Б.В. Содномов, Э.А. Батоцыренов**

Байкальский институт природопользования СО РАН, Россия, Улан-Удэ

e-mail: geosibir@yandex.ru

Одной из особенностей степей Западного Забайкалья является проявление разнообразных процессов криогенной природы. Несмотря на недостаточное увлажнение в условиях аридного резко континентального климата, в степях рассматриваемого района относительно часто встречаются наледы.

В данной работе на основе анализа материалов космической съёмки и результатов полевых экспедиционных исследований установлены количественные и морфометрические характеристики наледей, образующихся в степных ландшафтах территории, выявлены некоторые закономерности их формирования и разрушения в текущих климатических условиях. На сегодняшний день в степях Западного Забайкалья образуется до 900 наледей общей площадью 32,5 км². Суммарные запасы льда к моменту максимального развития наледей в конце марта – начале апреля составляют не менее 33139 тыс. м³. Наледи занимают пониженные элементы рельефа межгорных котловин, формируются в местах выхода на дневную поверхность грунтовых вод, небольших источников, в устьевых частях долин пересыхающих, либо теряющихся в грунтах малых рек. Таяние наледей в степях происходит быстрее, чем в других ландшафтных условиях. Ледяные поля исчезают при суммах положительных температур выше 4500 °С. В маловодные климатические циклы наледы в степях практически не образуются, в периоды увеличения общего количества осадков интенсивность наледообразования увеличивается в значительной степени, что и наблюдается на сегодняшний день.

Ключевые слова: наледь, степь, ландшафты, сток, Западное Забайкалье, осадки, климатические циклы.

Введение

Горно-котловинный рельеф и своеобразие природных условий определили разнообразие ландшафтов Западного Забайкалья. Есть здесь и степи, которые по сути являются нижним высотным поясом. Они занимают крупные и мелкие межгорные котловины, подножья и склоны горных хребтов. Растительность таких степей разнообразна и по ее особенностям (в сочетании с другими природными компонентами) в Забайкалье выделены луговые, настоящие, опустыненные, песчаные, сазовые и высокогорные криофитные степи [1]. Каждый из указанных типов делится на несколько подтипов, различающихся по характеру растительности. Степи Западного Забайкалья изучаются в различных аспектах уже много лет [2-5].

Известно, что в степном Забайкалье, несмотря на его сравнительно южное положение, мерзлотные процессы и связанные с ними природные явления наблюдаются довольно часто. Так, в монографии О.И. Баженовой [6] криогенным процессам в степях уделяется отдельное внимание и в качестве основных в указанной работе выделены: морозобойное растрескивание и пучение грунтов, а также наледные процессы. Между тем, новых работ по изучению такого распространенного явления, как наледообразование, для территории Западного Забайкалья не так много. В работе, посвящённой наледям зоны развития многолетней мерзлоты в разных частях планеты [7], приводится карта, на которой обозначены территории, где наледные процессы так или иначе изучались в разное время и

Западное Забайкалье (вместе с бассейном р. Селенга) на этой карте является «белым пятном», т.е. данный район недостаточно исследован в этом отношении. Наиболее подробная монография, в которой описаны наледи Забайкалья, вышла в свет в 2006 г. [8]. В ней содержатся сведения более чем о 500 объектах, описаны процессы формирования и разрушения ледяных полей и т.д. Вместе с тем, развитие современных геоинформационных методов позволяет более подробно изучить особенности степных ландшафтов, связанные с мерзлотными процессами, в том числе и наледи.

В данной работе представлены некоторые результаты изучения не характерного в целом для степных ландшафтов, но являющегося особенностью степей Западного Забайкалья (и некоторых других в Южной Сибири) явления – наледообразования. Наледи здесь можно встретить на открытых участках широких остепненных межгорных котловин, у подножий склонов хребтов с экспозиционной степью, в устьевых, лишенных древесно-кустарниковой растительности частях долин небольших рек и ручьев. Они могут представлять немалый интерес для исследователей, поскольку, с одной стороны, являются индикаторами климатических изменений в аридных ландшафтах, с другой, играют важную роль в экосистемах.

Материалы и методы

Территория исследования, включающая в себя районы с развитием степных ландшафтов, определена с использованием тематических карт «Растительность» и «Ландшафты» Атласа Забайкалья [9], карты «Геосистемы» Экологического атласа Байкал [10] и др. источников. На основе этих данных получен векторный слой «Степные ландшафты», представляющий собой серию полигонов, в пределах которых затем и выделялись наледи. Местами границы полигонов скорректированы по космическим снимкам, так как на указанных выше картах мелкого масштаба из-за особенностей генерализации, зачастую в контуры степей попадают и другие природные комплексы. Таким образом, общая площадь рассматриваемой территории с распространением степных ландшафтов, включая сухие степи межгорных понижений, подгорные и горные степи, в том числе, экспозиционные, составила 19,2 тыс. км².

Для степей Западного Забайкалья характерна значительная нарушенность в результате интенсивной антропогенной деятельности в прошлом. Часть территорий с распространением степных ландшафтов была распахана в период освоения целинных земель во II-й половине XX века и на сегодняшний день пребывает в состоянии залежи. На таких участках растительный покров в целом восстановился и о том, что когда-то здесь была пашня, напоминает лишь мезорельеф со следами борозд и напашных валов. В некоторых районах участки территории, где плакорным типом местности была степь, подверглись мелиорации и были превращены в культурные луга. Часть таковых без должного ухода на сегодняшний день тоже вернулась к исходному состоянию (луговые степи). Тем не менее, доля естественных участков степей в отдельных районах в пределах территории исследования составляет не более 5-10 % всей площади [11].

В качестве исходных данных в работе использовались мультиспектральные космические снимки Sentinel за 2022 г., с датой съёмки в интервале с 15 марта по 15 апреля (преимущественно от 7.04.2022 г). Для полного охвата территории использовалось 10 сцен. Поскольку общее количество наледей, образующихся в условиях распространения степных ландшафтов, сравнительно невелико (в отличии от лесостепного и др. поясов), обработка космических снимков проводилась в ручном режиме. В результате получен векторный слой «Наледи», который в ГИС совмещался с тем, на котором выделены степи.

В полевых условиях наледи изучались на отдельных ключевых участках в степях предгорий хр. Улан-Бургасы (район с. Унэгэтэй), в межгорных понижениях отрогов хр. Цаган-Дабан (район с. Нижний Жирим), на подгорном шлейфе хр. Малый Хамар-Дабан

(район с. Усть-Урма). В целях уточнения основных морфометрических характеристик выполнено фиксирование объектов с борта БПЛА, проведены ледемерные съемки для расчетов их объемных характеристик. На ключевом участке в пади Медведчиковой с 24 марта по 30 мая 2022 г. проведены наблюдения за процессами таяния наледи с регистрацией температурного тренда с помощью автоматических датчиков и описанием процессов разрушения ледяного поля.

Расчет запасов льда, заключенного в наледях, проводился с использованием существующих методов и формул с применением данных, полученных в ходе полевых экспедиционных исследований.

Результаты и обсуждение

Наледи, образующиеся в степях Западного Забайкалья, отличаются от тех, что повсеместно наблюдаются в типичных для этого явления районах с расчлененным рельефом, лесной растительностью и наличием многолетнемерзлых пород (ММП). Картографирование наледей (рис. 1), а также анализ различных литературных и фондовых материалов, включая геологические и гидрогеологические карты и др., позволил выявить их специфические особенности.

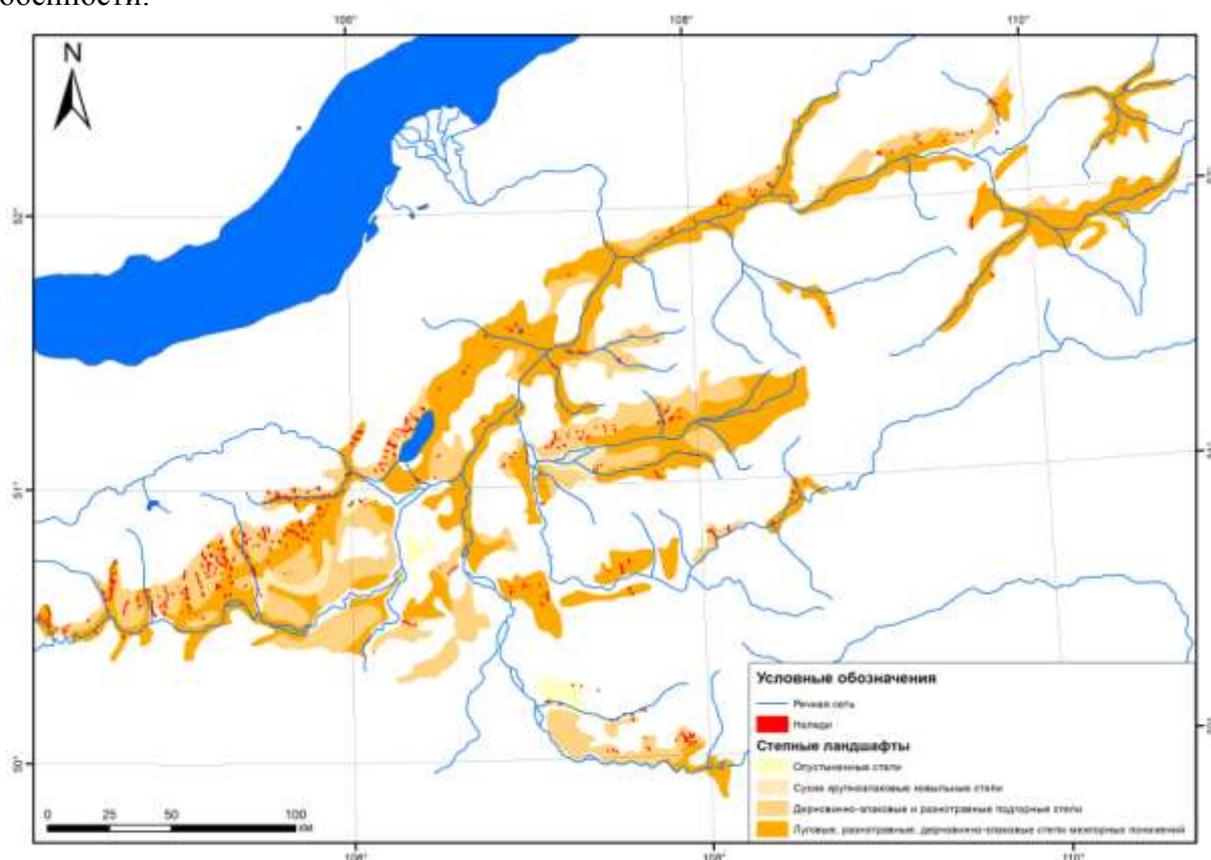


Рисунок 1 – Карта распространения наледей в степных ландшафтах Западного Забайкалья (по состоянию на 2022 г.)

По данным на 2022 г. в степных ландшафтах Западного Забайкалья образуется 912 наледей, общей площадью 32,5 км². Отдельные наледи достигают площади 0,6 км², среднее значение 0,03 км². При картографировании не учтены очень малые наледи, поскольку их дешифрирование по космическим снимкам затруднено. Наледность степей, т.е. отношение суммарной площади наледных полей к общей площади территории, с распространением степных ландшафтов, составляет около 0,16 %. Если учесть, что наледообразование для степей это хоть и не исключительное, но не совсем типичное

явление, то этот показатель достаточно высокий. Так, на территории северной (российской) части бассейна р. Селенга наледность колеблется в пределах от 0,2 до 0,4 %. Установленные в ходе работы относительно высокие значения для степей связаны с тем, что в 2022 г. довольно большое количество наледей (380 объектов) наблюдалось в степных районах бассейна р. Джида. Это вполне закономерно, так как указанная территория отличается значительным количеством осадков и особенностями геологии, способствующими наледообразованию [12]. Если же степи Джиды (Боргойские, экспозиционные степи хр. Хамар-Дабан и др.) и наледи, образующиеся в бассейне этой реки, не принимать в расчёт, то значения наледности составит 0,08 %. Именно такой показатель можно считать характерным для степей Западного Забайкалья.

Ледомерные съёмки наледей проводились на отдельных ключевых участках в разных частях района исследования по стандартным методикам [13]. Установлено, что средняя мощность наледей в степях колеблется от 0,4 до 1,2 м. На участках русел, максимальная установленная толщина льда составила 1,6 м. Отличительной особенностью наледей, образующихся в условиях степных ландшафтов в Западном Забайкалье, является их относительно большие площади при сравнительно небольших значениях мощности. Тем не менее, наледям большей площади соответствуют большая толщина и, как следствие – запасы льда. Так, средняя мощность льда наледей на ключевом участке в пади Медведчиковой составляет 0,4 м, в бассейне рек Куйтунка и Жиримка – 0,8 м, в устье р. Урма – 1,0 м. Пропорционально увеличиваются и объёмы льда, заключенные в них. Основные морфометрические характеристики наледей, образующихся в степях исследуемой территории, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Размеры наледей в степях Западного Забайкалья

Класс	Интервалы площадей, тыс. м ²	Количество, шт.	Общая площадь, тыс. м ²	Объем, тыс. м ³
Очень малые	< 0,1	-	-	-
Малые	0,1-1	37	0,026	15
Средние	1-10	394	1,89	1512
Большие	10-100	395	12,77	10216
Очень большие	100-1000	86	17,83	21396
Гигантские	> 1000	-	-	-

Из приведенной таблицы видно, что в степях Западного Забайкалья формируются наледи разных размеров, при этом, преобладают средние и большие, которых по космическим снимкам 2022 г. выделено практически одинаковое количество. Несмотря на то, что природные условия районов распространения степных ландшафтов на территории нельзя считать благоприятствующими развитию наледных процессов (за исключением бассейна р. Джида), тем не менее, здесь к марту 2022 г. сформировалось 86 очень больших наледей. Площадь самой крупной наледи составила 0,68 км², объем не менее 800 тыс. м³. Сравнительно большие размеры ледяных полей наледей, образующихся в бассейне р. Джида (Джидинские, Боргойские степи) объясняются, вероятнее всего, притоком питающих вод из таликов в зонах разломов. Для Тугнуйских, Селенгинских и др. степей характерны наледи с площадями 0,01-0,02 км², средняя мощность их колеблется в пределах 0,6-0,9 м. Есть здесь и очень малые наледи, фиксируемые только натурными наблюдениями.

В условиях пологого рельефа и преобладания травянистой растительности наледи в степях тают достаточно быстро. Очень малые, малые и средние наледи исчезают уже к началу мая, большие и очень большие, как правило, ближе к концу. При этом, скорость протекания процесса зависит от погодных условий каждого конкретного года. Для наблюдений за формированием и таянием наледей в степях на ключевом участке в пади Медведчикова на одноименном ручье зафиксирована небольшая наледь, образующаяся здесь

ежегодно. Основные морфометрические характеристики объекта (по данным на 2022 г.): площадь – 540 м², максимальная мощность – 0,7 м, запасы льда – 216 м³.

Наблюдения показали, что в текущих климатических условиях образование наледей в степях Западного Забайкалья начинается в конце ноября, а таяние в конце марта с переходом дневных температур воздуха выше 0 °С (в данном случае – 27 марта 2022 г.). Наледь в пади Медведчиковой таяла 7 недель со средней скоростью 1,3 см/сут. В потере мощности фиксируется 2 максимума: 1 неделя – до 2,1 см в сутки, что связано с выходом талой воды с окружающей территории на лед наледи, 7 неделя – 1,5 см в сутки. Заканчивается таяние небольших наледей при суммах положительных температур 4500 С. Данные разновременной космической съемки говорят о том, что крупные наледи в степях тают до 10 недель и, можно отметить, что подобная картина характерна для территории исследования в целом, по крайней мере, за последние годы.

Именно в период таяния проявляется важнейшая средообразующая функция наледей, заключающаяся в обеспечении водой окружающих территории. При этом, обеспечивается сток малых рек и небольших ручьев, увеличивается общее увлажнение [14]. Районы развития наледей в степях являются местами повышенной концентрации диких и домашних животных (рис. 2б.), так как служат естественными водопоями, здесь раньше начинается вегетация растительности, а значит раньше появляется и корм для скота. Наледные поля создают особый микроклимат, который спасает от жары многочисленных обитателей степей. Это в свою очередь определяет экосистемное значение наледей в степях.

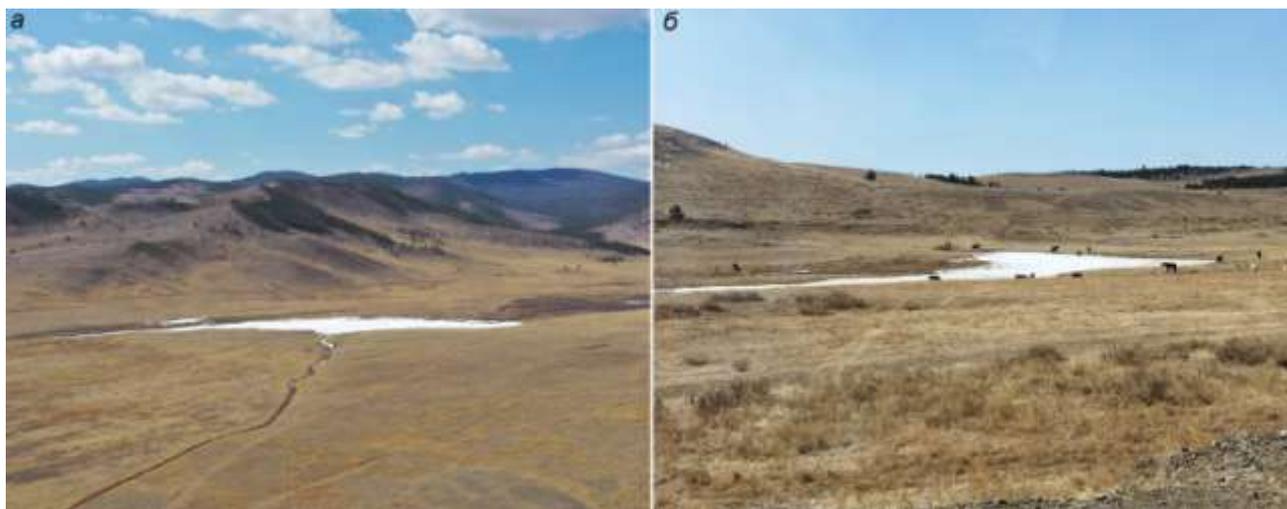


Рисунок 2 – Наледи в степях Западного Забайкалья: а – наледь у подножья хр. Улан-Бургасы, б – домашний скот у наледи в районе Хамбинского хребта

К моменту начала таяния в ледяных полях наледей степей заключено не менее 33139 тыс. м³ воды. Фактически, это подземный сток, который формируется в малых водосборных бассейнах окружающей территории, а его часть аккумулируется в виде наледей в степях. При этом, наледи территории характеризуются значительной пространственно-временной изменчивостью. В 2022 г. большая часть из них сформировалась в устьевых частях долин, либо в нижнем течении небольших водотоков. Связано это, по-видимому, со сравнительно высокими расходами воды в малых реках и ручьях из-за большого количества осадков в предшествующий теплый период года, а также с относительно теплой зимой. В результате такого сочетания факторов промерзание грунтов и русел водотоков происходило не в верховьях, в лесном поясе, а на открытых участках лесостепи и степи. Там и образовывались наледи. Не совсем типичным весной 2022 г. было расположение наледи в устье р. Иро в районе с. Усть-Урма, наледь на р. Саянтуй образовалась значительно ниже по течению, чем годом ранее и т.д.

Наледи – достаточно интересное явление, и Западное Забайкалье – яркий пример того, как геокриологические процессы могут протекать в условиях степных ландшафтов. Ещё масштабнее наледные процессы проявляются в степях Монголии, и там они тоже практически не изучены.

Выводы

Картографирование и изучение наледей, образующихся в районах распространения степных ландшафтов в Западном Забайкалье, с выявлением их морфометрических характеристик, закономерностей размещения, особенностей таяния и экосистемных функций показало, что наледи изучаемой территории, а это не менее 6 % от общего числа зафиксированных в бассейне р. Селенга, являются важной частью природных комплексов степей.

В результате проведенных исследований составлена карта современного распространения наледей в степях Западного Забайкалья. Карта отражает актуальное расположение наледей и отображает текущую ситуацию с наледностью степных ландшафтов территории в целом с учетом текущей природно-климатической обстановки. Установлены основные морфометрические характеристики наледей, выявлены некоторые современные особенности их формирования и таяния.

Наледи в степях по многим своим характеристикам отличаются от тех, что образуются в других ландшафтных условиях. Они более чувствительно реагируют на климатические изменения, при сокращении водности зачастую исчезают. Кроме того, наледообразование характерно для степей горных районов Южной Сибири и некоторых сопредельных территорий, что делает эту их особенность интересной и в какой-то степени уникальной, а значит их изучение актуально и перспективно с разных точек зрения.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания БИП СО РАН при поддержке гранта РФФИ № 20-17-00207 «Гидроэкологическая безопасность трансграничного бассейна р. Селенги в условиях изменения климата».

Список литературы

1. Дамбиев Э.Ц., Намзалов Б.Б., Холбоева С.А. Ландшафтная экология степей Бурятии. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2006. 184 с.
2. Бурятия: растительный мир. Вып. 2 / Б.Б. Намзалов, К.М. Богданова, И.П. Быков и др. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 1997. 250 с.
3. Пешкова Г.А. Степная флора Байкальской Сибири. М.: Наука, 1972. 207 с.
4. Решиков М.А. Степи Западного Забайкалья. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 176 с.
5. Холбоева С.А., Намзалов Б.Б. Основы степеведения. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2010. 112 с.
6. Баженова О.И. Современная денудация предгорных степных равнин. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2018. 259 с.
7. Ensom T, Makarieva O, Morse P, Kane D, Alekseev V, Marsh P. The distribution and dynamics of aufeis in permafrost regions // Permafrost and Periglac Process. 2020. pp. 1-13.
8. Шестернев Д.М., Верхотуров А.Г. Наледи Забайкалья. Чита: Изд-во ЧитГУ, 2006. 217 с.
9. Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область). ГУГК. Москва-Иркутск, 1967. 176 с.
10. Экологический атлас бассейна озера Байкал. Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с.

11. Холбоева С.А., Намзалов Б.Б., Басхаева Т.Г. Ключевые ботанические территории степей Бурятии: критерии выделения и анализ разнообразия // Степной бюллетень. 2017. № 50. С. 39-46.

12. Наледи в трансграничном бассейне реки Джиды / В.Н. Черных, А.А. Аюржанаев, Б.В. Содномов, Б.О. Гуржапов, Д.Б. Дабаева // Трансграничные территории Востока России: факторы, возможности и барьеры развития: материалы междунар. науч.-практ. конф: электронное издание. Улан-Удэ, 2021. С. 238-241.

13. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации искусственных сооружений автомобильных дорог на водотоках с наледями. М.: «Транспорт», 1989. 61 с.

14. Алексеев В.Р. Наледи. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. 159 с.

Конфликт интересов: Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию 27.06.2022

Принята к публикации 21.09.2022

ICINGS FLOOD IN THE STEPPES OF WESTERN TRANSBAIKAL
V. Chernykh, A. Ayurzhanayev, B. Sodnomov, E. Batotsyrenov, A. Suprunenko
 Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Russia, Ulan-Ude
 e-mail: geosibir@yandex.ru

One of the features of the steppes of Western Transbaikalia is various processes of cryogenic nature. Despite insufficient moisture in the conditions of an arid sharply continental climate, ice is relatively common in the steppes of the region under consideration.

The quantitative and morphometric characteristics of aufeis formed in the steppe landscapes of the territory are considered in this work based on the analysis of satellite imagery data and the results of field studies considers; the patterns of their formation and destruction under current climatic conditions are revealed. At the moment, up to 900 icings with a total area of 32.5 km² are formed in the steppes of Western Transbaikalia. Total ice reserves are at least 33139 km³ by the time of its maximum development in late March – early April. Icings occupy lower relief elements of intermountain basins; they are formed at groundwater outlets, small springs, in the mouth parts of valleys of small rivers that dry up or are lost in the soils. The melting of icings in the steppes is faster than in other landscape conditions. Ice fields completely disappear when the sums of positive temperatures are above 4500 °C. In low-water climatic cycles, icing in the steppes is practically not formed; the intensity of icing increases to a large extent during periods of an increase in the total amount of precipitation that we can observe today.

Key words: icings, steppe, landscapes, runoff, Western Transbaikalia, precipitation, climatic cycles.

Referents

1. Dambiev E.Ts., Namzalov B.B., Kholboeva S.A. Landshaftnaya ekologiya stepei Buryatii. Ulan-Ude: Izd-vo Buryat. gos. un-ta, 2006. 184 s.

2. Buryatiya: rastitel'nyi mir. Vyp. 2. B.B. Namzalov, K.M. Bogdanova, I.P. Bykov i dr. Ulan-Ude: Izd-vo Buryat. gos. un-ta, 1997. 250 s.

3. Peshkova G.A. Stepnaya flora Baikalskoi Sibiri. M.: Nauka, 1972. 207 s.

4. Reshchikov M.A. Stepi Zapadnogo Zabaikal'ya. M.: Izd-vo AN SSSR, 1961. 176 s.

5. Kholboeva S.A., Namzalov B.B. Osnovy stepovedeniya. Ulan-Ude: Izd-vo Buryat. gos. un-ta, 2010. 112 s.

6. Bazhenova O.I. *Sovremennaya denudatsiya predgornyykh stepnykh ravnin*. Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo", 2018. 259 s.
7. Ensom T, Makarieva O, Morse P, Kane D, Alekseev V, Marsh P. The distribution and dynamics of aufeis in permafrost region. *Permafrost and Periglac Process*. 2020. pp. 1-13.
8. Shesternev D.M., Verkhoturov A.G. *Naledi Zabaikal'ya*. Chita: Izd-vo ChitGU, 2006. 217 s.
9. *Atlas Zabaikal'ya (Buryatskaya ASSR i chitinskaya oblast')*. GUGK. Moskva-Irkutsk, 1967. 176 s.
10. *Ekologicheskii atlas basseina ozera Baikal*. Irkutsk: Izd-vo In-ta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015. 145 s.
11. Kholboeva S.A., Namzalov B.B., Baskhaeva T.G. Klyuchevye botanicheskie territorii stepei Buryatii: kriterii vydeleniya i analiz raznoobraziya. *Stepnoi byulleten'*. 2017. N 50. S. 39-46.
12. Naledi v transgranichnom basseine reki Dzhida. V.N. Chernykh, A.A. Ayurzhanayev, B.V. Sodnomov, B.O. Gurzhapov, D.B. Dabaeva. *Transgranichnye territorii Vostoka Rossii: faktory, vozmozhnosti i bar'ery razvitiya: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf: elektronnoe izdanie*. Ulan-Ude, 2021. S. 238-241.
13. *Rukovodstvo po proektirovaniyu, stroitel'stvu i ekspluatatsii iskusstvennykh sooruzhenii avtomobil'nykh dorog na vodotokakh s naledyami*. M.: "Transport", 1989. 61 s.
14. Alekseev V.R. *Naledi*. Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie, 1987. 159 s.

Сведения об авторах:

Владимир Николаевич Черных

Младший научный сотрудник лаборатории геоэкологии, БИП СО РАН

ORCID 0000-0001-9365-7340

Vladimir Chernykh

Junior Researcher, Laboratory of Geocology, BINM SB RAS

Александр Андреевич Аюржанаев

Старший научный сотрудник лаборатории геоэкологии, БИП СО РАН

ORCID 0000-0002-2282-7848

Alexander Ayurzhanayev

Senior Researcher, Laboratory of Geocology, BINM SB RAS

Батор Валерьевич Содномов

Младший научный сотрудник лаборатории геоэкологии, БИП СО РАН

ORCID 0000-0002-4099-7226

Bator Sodnomov

Junior Researcher, Laboratory of Geocology, BINM SB RAS

Эдуард Аюрович Батоцыренов

Научный сотрудник лаборатории ГИС, БИП СО РАН

ORCID 0000-0003-3307-0040

Eduard Batotsyrenov

Researcher, Laboratory of GIS, BINM SB RAS

Для цитирования: Черных В.Н., Аюржанаев А.А., Содномов Б.В., Батоцыренов Э.А. Наледи в степях Западного Забайкалья // Вопросы степеведения. 2022. № 3. С. 4-11. DOI: 10.24412/2712-8628-2022-3-4-11.