

4. Официальный сайт Краснощековского района [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://krasadm.ru/>. – Загл. с экрана.

5. Кусков А.С., Голубева В.Л., Одинцова Т.Н. Рекреационная география. – М.: Флинта, 2005.

6. Мироненко Н.С., Твердохлебов И.Т. Рекреационная география: учебное пособие. – М.: МГУ, 1981. – 207 с.

7. Зализняк Е.А. Оценка природно-рекреационного потенциала муниципальных районов Волгоградской области // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3. Экономика. Экология. – 2012. – № 2. – С. 72-77.

8. Колотова Е.В. Рекреационное ресурсоведение: учебное пособие для студентов. – М., 1999. – 135 с.

9. Севастьянова С.А. Эколого-экономическая оценка рекреационных ресурсов: учебное пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2008. – 190 с.

10. Архипова И.В., Ловцкая О.В., Ротанова И.Н. Медико-географическая оценка климатической комфортности на территории Алтайского края // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10, 4.1. – Спец. выпуск. – С. 79-86.

11. Харламова Н.Ф., Кандыбка, О.Н. Биоклиматическая оценка территории Алтайского края для рекреационной деятельности // География и природопользование Сибири: сб. ст. / под ред. Г. Я. Барышникова. – Барнаул: Изд-во АлтГУ. – 2010. – Вып. 12. – С. 178-182.

References

1. Krasnaya kniga Altayskogo kraya. Osobo okhranyaemye prirodnye territorii/ Administratsiya Alt. kraya, Upr. prirod. resursov i okhrany okruzh. sredy Alt. kraya; [redkol.: S.I. Avtsinov i dr.]. – Barnaul, 2009. – Т. 3. – 284 с.

2. Главное управление природных ресурсов и экологии Алтайского края [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: http://altaipriroda.ru/directions/prirodnye_resursy/oopt/ooptAK/. – Zagl. s ekrana.

3. Ofitsialnyy sayt Charyshskogo rayona [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.charysh.ru/>. – Zagl. s ekrana.

4. Ofitsialnyy sayt Krasnoshchekovskogo rayona [Elektronnyy resurs] – Rezhim dostupa: <http://krasadm.ru/>. – Zagl. s ekrana.

5. Kuskov A.S., Golubeva V.L., Odintsova T.N. Rekreatsionnaya geografiya. – М.: Flinta, 2005.

6. Mironenko N.S., Tverdokhlebov I.T. Rekreatsionnaya geografiya: uchebnoe posobie. – М.: MGU, 1981. – 207 с.

7. Zaliznyak E.A. Otsenka prirodno-rekreatsionnogo potentsiala munitsipalnykh rayonov Volgogradskoy oblasti // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 3. Ekonomika. Ekologiya. – 2012. – № 2. – S. 72-77.

8. Kolotova E.V. Rekreatsionnoe resursovedenie: uchebnoe posobie dlya studentov. – М., 1999. – 135 с.

9. Sevastyanova S.A. Ekologo-ekonomicheskaya otsenka rekreatsionnykh resursov: uchebnoe posobie. – SPb.: SPbGIEU, 2008. – 190 с.

10. Arkhipova I.V., Lovtskaya O.V., Rotanova I.N. Mediko-geograficheskaya otsenka klimaticheskoy komfortnosti na territorii Altayskogo kraya // Vychislitelnye tekhnologii. – 2005. – Т. 10, 4.1. – Spets. vypusk. – S. 79-86.

11. Kharlamova, N.F., Kandybka, O.N. Bioklimaticheskaya otsenka territorii Altayskogo kraya dlya rekreatsionnoy deyatel'nosti // Geografiya i prirodopolzovanie Sibiri: sb. st. / pod red. G.Ya. Baryshnikova. – Barnaul: Izd-vo AltGU. – Vyp. 12. – 2010. – S. 178-182.



УДК 551.324.63

К.В. Лапина, О.В. Останин, Г.С. Дьякова
K.V. Lapina, O.V. Ostanin, G.S. Dyakova

ДИНАМИКА ОЛЕДЕНЕНИЯ ХРЕБТА МОНГОЛЬСКИЙ АЛТАЙ (НА ПРИМЕРЕ БАСЕЙНА РЕКИ ЦАГАН-САЛА-ГОЛ)

DYNAMICS OF GLACIATION OF THE MONGOLIAN ALTAI RIDGE (CASE STUDY OF THE TSAGAN-SALA-GOL RIVER BASIN)

Ключевые слова: Монгольский Алтай, оледенение, ледник, сокращение ледников, данные дистанционного зондирования.

Keywords: Mongolian Altai, glaciation, glacier, shrinkage of glaciers, remote sensing data.

На основе дешифрирования космических снимков Landsat и ASTER (пространственное разрешение 14,25-15 м в пикселе) было выявлено, что площадь современного оледенения бассейна р. Цаган-Сала-Гол составляет 60,18 км². По состоянию на 2015 г. на этой территории существовало 30 ледников. В программном обеспечении ArcGIS и ENVI были выделены их контуры, а затем измерены длины и площади в 1994, 2000, 2001, 2006, 2010 и 2015 гг. Полученные данные показали, что общая площадь оледенения бассейна с 1994 по 2015 гг. сократилась на 2,56 км². Наибольшие изменения произошли на ледниках сложного долинного типа площадью более 3 км². На четырех ледниках площадью менее 0,56 км², расположенных на склонах северной и северо-восточной экспозиции, площадных изменений выявлено не было.

Based on the interpretation of the Landsat and ASTER space images (spatial density of 14.25-15 m in pixel), it has been revealed that the area of the present glaciation of the Tsagan-Sala-Gol River basin is 60.18 km². In 2015 there were 30 glaciers on this territory. In the software ArcGIS and ENVI, their contours were identified, and the lengths and areas were measured in 1994, 2000, 2001, 2006, 2010 and 2015. It was revealed that the total area of glaciation of the basin from 1994 to 2015 decreased by 2.56 km². The greatest changes occurred on glaciers of a complex valley type with an area of more than 3 km². On four glaciers with an area of less than 0.56 km² located on the slopes of the northern and north-eastern exposition, no area changes were identified.

Лапина Кристина Владимировна, магистрант, Алтайский государственный университет. E-mail: christi.lapina@gmail.com.

Останин Олег Васильевич, к.г.н., доцент, зав. каф. физической географии и ГИС, Алтайский государственный университет. Тел.: (3852) 29-12-77. E-mail: ostanin_oleg@mail.ru.

Дьякова Галина Сергеевна, ассистент, Алтайский государственный университет. Тел.: (3852) 29-12-77. E-mail: galinabarnaul@mail.ru.

Lapina Kristina Vladimirovna, master's degree student, Altai State University. E-mail: christi.lapina@gmail.com.

Ostanin Oleg Vasilyevich, Cand. Geo. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Physical Geography and GIS, Altai State University. Тел.: (3852) 29-12-77. E-mail: ostanin_oleg@mail.ru.

Dyakova Galina Sergeyevna, Asst., Altai State University. Тел.: (3852) 29-12-77. E-mail: galinabarnaul@mail.ru.

Введение

Современные климатические изменения являются определяющим фактором развития высокогорных областей. Наряду с арктическими высокогорные геосистемы являются наиболее уязвимыми структурными компонентами географической оболочки. Наиболее важным следствием современных изменений климата на Алтае является устойчивая тенденция деградации оледенения. Результат этого – уменьшение водозапаса и в перспективе – аридизация территории. Во внутриконтинентальных районах Центральной Азии этот вопрос стоит особенно остро ввиду того, что ледники являются здесь основными источниками питания, следовательно, и регуляторами гидрологического режима рек.

Монгольский Алтай одним из центров современного оледенения Центральной Азии. В разные годы исследованием оледенения данной территории занимались: В.В. Сапожников (1905, 1906, 1909 гг.) [1], братья Б.В. Тронов и М.В. Тронов (1916 г.) [2], В.С. Ревякин [3], В.П. Галахов и А.Г. Редькин [4], Т. Kadota и G. Davaa (2000 г.) [5], U. Kamp и C. Pan (1998-2001 гг.) [6] и др.

Преобладающая площадь оледенения Монгольского Алтая сконцентрирована в бассейне р. Цаган-Сала-Гол, который и стал объектом исследования в работе.

Целью работы было выявление динамики оледенения Монгольского Алтая за 2004-2015 гг. на примере ледников бассейна р. Цаган-Сала-Гол.

Объекты и методы

Исследование динамики оледенения в бассейне р. Цаган-Сала-Гол проводилось методом визуального дешифрирования космических снимков Landsat и ASTER «Terra». Обработка данных и расчет площади ледников осуществлялись в ПО ArcGIS 10.3.1 и ENVI 5.0.

При выделении границ ледников имелась как объективная, так и субъективная величина погрешности. К первой можно отнести пространственное разрешение самих снимков, которое обусловлено техническими характеристиками съемочной аппаратуры и технологией обработки снимков. Для снимков Landsat-7 и 8 оно составляет от 14,25 м в пикселе у панхроматического канала до 28,5 м в пикселе у мультиспектральных каналов, а для снимков ASTER – от 15 до 90 м (в зависимости от канала). Ко второй относятся расхождения, возникающие в результате неоднозначной трактовки положения границ ледников оператором.

Главный критерий при выборе космических снимков – условие уверенного дешифрирования границ ледников с учетом их светотеневой обстановки, отсутствия об-

лачности, наличия/отсутствия сезонного снега и моренного материала на поверхности ледника. Дата съемки выбиралась таким образом, чтобы она приходилась на время максимальной ледниковой абляции для данного региона (июль-август). Данные панхроматической и спектральной съемки объединялись в один цветной снимок (рис.).

Всем выделенным ледникам была присвоена в ArcGIS атрибутивная информация, включающая порядковый номер, площадь, длину, экспозицию, тип.

Результаты и их обсуждение

На территории бассейна р. Цаган-Сала-Гол были определены положения и оцифрованы контуры 30 ледников. Результаты изменения длин и площадей ледников, произошедшие с 1994 по 2015 гг., показаны в таблице. За исследуемый период оледенение бассейна изменилось незначительно. Общее сокращение площади составило 2,56 км². Наибольшие изменения потерпели крупные ледники, их площадь сократилась на 0,1 км² и более.

По пространственному расположению и орографическим условиям ледники данного бассейна можно разделить на несколько групп [7]. К первой группе относятся

11 ледников (№ 1-11) северо-западной части бассейна, где оледенение наиболее развито. Здесь четыре крупнейших ледника № 2, 4, 8 и 10 в верховьях смыкаются друг с другом, составляя практически сплошной ледовый панцирь вдоль основного водораздела. Общая площадь этих четырех ледников превышает 40 км², что составляет более 75% от площади оледенения бассейна р. Цаган-Сала-Гол. Самое большое изменение площади данной группы произошло у ледника № 2. С 1994 до 2015 гг. она сократилась на 0,47 км². Самые незначительные изменения площади наблюдались у ледников № 5 и 6. К 2015 г. они сократились на 0,01 км². Среднее отступление длины у ледников данной группы – 0,046 км.

Вдоль зоны питания ледников № 2 и 4 простирается наиболее возвышенный участок с вершинами, превышающими 4000 м над ур. м. Далее водораздел поворачивает к востоку, а высота вершин снижается до 3600-3700 м. С уменьшением высоты хребта значительно уменьшается площадь ледников.

На склонах водоразделов между крупными ледниками расположено 6 относительно небольших ледников разных морфологических типов, которые еще в начале XX в. составляли с ними единое целое [1].

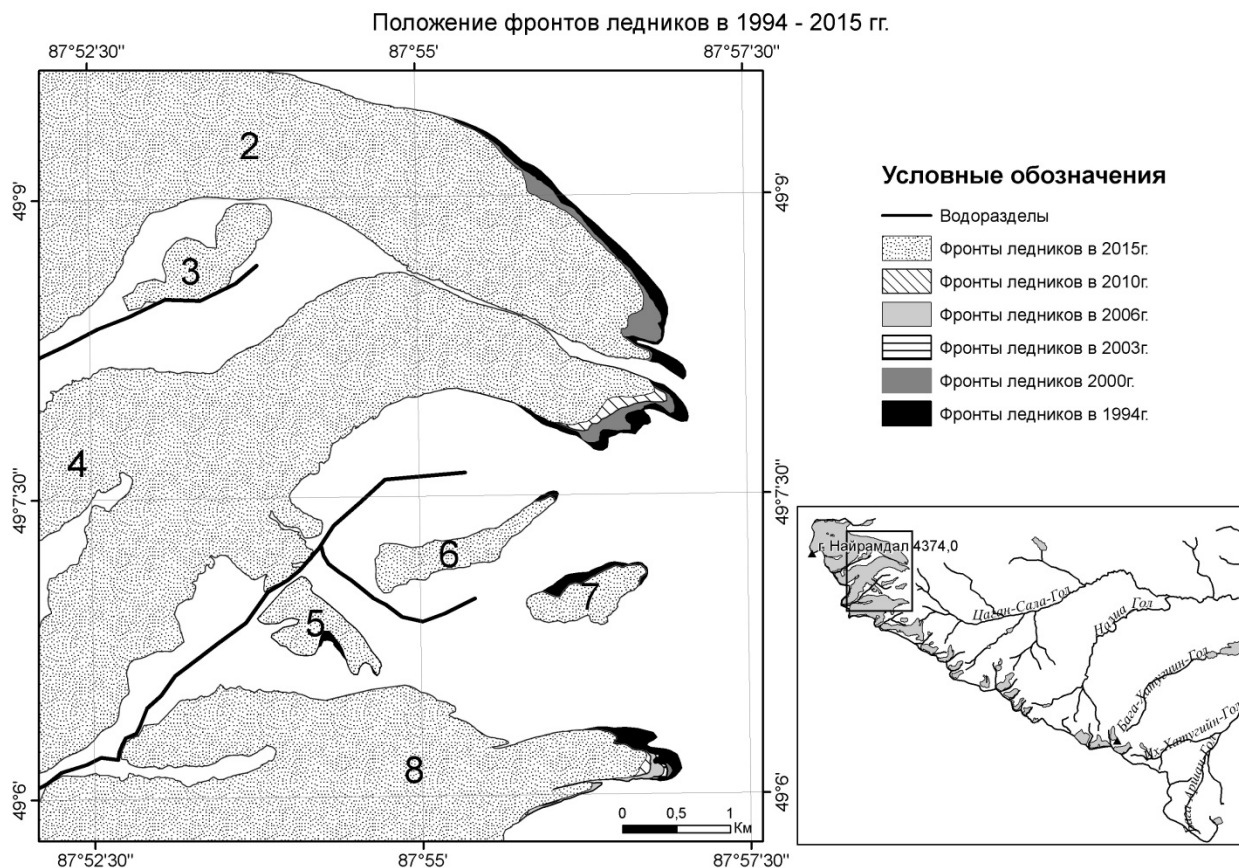


Рис. Фрагмент карты «Оледенение бассейна р. Цаган-Сала-Гол»

Следующие две группы ледников № 12-16 и 17-25 расположены на участке хребта с преобладанием высот в диапазоне 3400-3600 м. Это небольшие (не более 1,4 км²) карово-долинные и каровые ледники, залегающие в верховьях смежных трогов. За 20 лет площадь оледенения второй и третьей групп сократилась незначительно. Самое большое сокращение площади наблюдается у ледников № 13, 14 (0,05 км²). Отступление длины составило 0,046 и 0,017 км соответственно. Уменьшение площади ледников третьей группы характеризуется меньшими значениями; они сокращались преимущественно до 2000 г. Ледники № 22 и 23 ранее составляли единое целое. Со временем ледник № 22 отделился.

Следующая группа ледников № 26-29 связана с вершиной Аршаны-Их-Ула

(3668,1 м). Крупнейший ледник группы – купольный ледник № 26 площадью 1,31 км². В 1994 г. его площадь составляла 1,43 км². Ледники данной группы сокращались в длину в период с 1994 по 2006 гг. Изменение площади ледников данной группы незначительно.

На юго-востоке территории бассейна располагается единственный купольный ледник № 30. Его площадь изменилась с 1994 по 2015 гг. на 0,03 км².

У ледников № 3, 9, 18, 22, 24 и 25 изменения длины и площади выявлено не было, но это не может служить достоверным свидетельством их стабильного состояния, т.к. имеющиеся данные дистанционного зондирования не позволяли установить изменения их объема.

Таблица

Динамика оледенения с 1994 по 2015 гг.

№ по схеме	Морфотип	Экспозиция	Наибольшая длина (в 1994 г.), км	Отступление длины к 2015 г., км	Площадь, км ²						Динамика площади, км ²
					1994 г.	2000 г.	2001 г.	2006 г.	2010 г.	2015 г.	
1	Купол.	В	0,81	0,06	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,35	0,05
2	Сл. дол.	В	10,42	0,03	23,39	22,96	22,96	22,92	22,92	22,92	0,47
3	Приск.	С	1,62	0,00	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,00
4	Сл. дол.	В	7,94	0,05	11,39	11,21	11,21	11,21	11,13	11,09	0,30
5	Прискл.	ЮВ	1,21	0,08	0,42	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41	0,01
6	Кар.	СВ	1,89	0,01	0,45	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,01
7	Приск.	СВ	1,15	0,09	0,39	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,07
8	Сл. дол.	В	6,04	0,04	8,69	8,58	8,58	8,58	8,52	8,51	0,18
9	Сл. дол.	СВ	0,69	0,00	0,25	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,03
10	Сл. дол.	СВ	4,22	0,02	3,83	3,80	3,80	3,74	3,67	3,58	0,25
11	Пл. верш.	СЗ	0,36	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,02
12	Приск.	С	0,44	0,09	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,02
13	Кар.	С	1,01	0,05	0,99	0,96	0,96	0,94	0,94	0,94	0,05
14	Кар.-дол.	С	2,37	0,02	0,95	0,94	0,94	0,93	0,90	0,90	0,05
15	Кар.	СВ	1,56	0,06	0,64	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,01
16	Кар.	В	1,23	0,07	0,52	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,03
17	Кар.	С	1,30	0,02	0,68	0,68	0,61	0,60	0,60	0,60	0,08
18	Купол.	СВ	0,61	0,00	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,00
19	Купол.	С	0,68	0,06	0,15	0,15	0,15	0,11	0,11	0,11	0,04
20	Кар.	СВ	2,31	0,10	1,39	1,39	1,39	1,36	1,36	1,36	0,03
21	Кар.	СВ	1,36	0,09	0,76	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,04
22	Приск.	В	0,27	0,00	0,55	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,50
23	Кар.	СВ	1,53	0,08		0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
24	Кар.	СВ	0,97	0,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,00
25	Кар.-дол.	С	0,55	0,00	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,00
26	Купол.	СЗ	1,31	0,01	1,43	1,33	1,33	1,31	1,31	1,31	0,12
27	Кар.	С	1,64	0,02	1,34	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	0,04
28	Кар.-дол.	С	1,67	0,02	0,63	0,62	0,62	0,61	0,61	0,61	0,02
29	Кар.-дол.	В	1,76	0,02	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,94	0,03
30	Купол.	С	0,84	0,01	0,48	0,46	0,46	0,46	0,46	0,45	0,03
ОБЩЕЕ				0,00	62,19	60,98	60,91	60,65	60,41	60,18	2,56

Заключение

На основе космических снимков Landsat и ASTER (с разрешением 14,25-15 м в пикселе) было выявлено уменьшение площади оледенения бассейна на 2,56 км². Погрешность определения площади ледников напрямую зависит от их размеров: значимой величины она достигает для ледников с площадью менее 0,5 км² [8], т.е. для половины ледников бассейна.

Шесть из тридцати ледников бассейна за период исследования не изменились в плане, но нет данных об изменении их объема.

Материалы данной работы могут быть использованы для мониторинга изменений площадей ледников данного региона. В дальнейшем это даст возможность получить однородные данные для сравнительного анализа реакции ледников различных морфологических типов, размеров и экспозиций на современные изменения климата.

Библиографический список

1. Сапожников В.В. Монгольский Алтай в истоках Иртыша и Кобдо: Путешествия 1905-1909 гг. – Томск: Типо-Лит. Сиб. т-ва печат. дела, 1911. – 418 с.
2. Тронов Б.В. Очерки оледенения Алтая. – М.: Географгиз, 1949. – 375 с.
3. Ревякин В.С., Мухаметов Р.М. Динамика ледников горного узла Табын-Богдо-Ола // Гляциология Сибири. – 1993. – Вып. 4 (19). – С. 83-92.
4. Галахов В.П., Редькин А.Г. Современное и древнее оледенение горного узла Табын-Богдо-Ола // География и природопользование Сибири. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2001. – № 4. – С. 153-175.
5. Kadota, T., Davaa, G. A preliminary study on glaciers in Mongolia. Proceedings 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia. Institute of Meteorology and Hydrology, Ulaanbaatar, 2004. – P. 100-102.
6. Kamp, U., Krumwiede, B., McManigal, K., Pan, C., Walther, M., Dashtseren, A. (2013). The Glaciers of Mongolia. Institute for Arctic, Antarctic, and Alpine Research (INSTAAR). – 2013. Occasional Paper 61. – 43 p.

7. Ганюшкин Д.А. Гляциогенные комплексы резкоконтинентального района северо-запада Внутренней Азии. – СПб., 2015. – С. 228-238.

8. Носенко Г.А., Хромова Т.Е., Муравьев А.Я., Нарожный Ю.К., Шахгеданова М.В. Использование исторических данных и современных космических изображений для оценки изменений размеров ледников на Алтае // Лед и снег. – М.: Наука, 2014. – № 2. – С. 19-23.

References

1. Sapozhnikov V.V. Mongolskiy Altay v istokakh Irtysha i Kobdo: Puteshestviya 1905-1909 gg. – Tomsk: Tipo-Lit. Sib. T-va Pechat. Dela, 1911. – 418 s.
2. Tronov B.V. Ocherki oledeniya Altaya. – M., Geografiz, 1949. – 375 s.
3. Revyakin V.S., Mukhametov R.M. Dinamika lednikov gornogo uzla Tabyn-Bogdo-Ola // Glyatsiologiya Sibiri. – 1993. – Vyp. 4 (19). – S. 83-92.
4. Galakhov V.P., Redkin A.G. Sovremennoe i drevnee oledeniye gornogo uzla Tabyn-Bogdo-Ola // Geografiya i prirodopolzovanie Sibiri. – Barnaul: Izd. Alt. un-ta, 2001. – № 4. – S. 153-175.
5. Kadota, T., Davaa, G. A preliminary study on glaciers in Mongolia. Proceedings 2nd International Workshop on Terrestrial Change in Mongolia. Institute of Meteorology and Hydrology, Ulaanbaatar, 2004. – P. 100-102.
6. Kamp, U., Krumwiede, B., McManigal, K., Pan, C., Walther, M., Dashtseren, A. (2013). The Glaciers of Mongolia. Institute for Arctic, Antarctic, and Alpine Research (INSTAAR). – 2013. Occasional Paper 61. – 43 p.
7. Ganyushkin D.A. Glyatsiogennye komplekсы rezkokontinentalnogo rayona severozapada Vnutrenney Azii. – SPb., 2015. – S. 228-238.
8. Nosenko G.A., Khromova T.E., Muravev A.Ya., Narozhnyy Yu.K., Shakhgedanova M.V. Ispolzovanie istoricheskikh dannyykh i sovremennykh kosmicheskikh izobrazheniy dlya otsenki izmeneniy razmerov lednikov na Altae // Led i sneg. – M.: Nauka, 2014. – № 2. – S. 19-23.

