

**KEYWORDS:**

*kinetic moment, moment of force, ephemeris, barycenter, radial projection, orthogonal component*

**REFERENCES**

1. Etkin V.A. *Termodinamika neravnovesnykh processov perenosa i preobrazovanya energii* [Thermodynamics of nonequilibrium processes of transfer and conversion of energy], Saratov: SGU, 1991, 168 p. (in Russian).
2. Sokol-Kutylovsky O.L. *O silakh gravitacionnogo vzaimodeistviya* [On the strength of the gravitational interaction] Moscow: Akademya Trinitarizma, El No 77-6567, publ. 13569, 18.07.2006. (in Russian).
3. Landsman W.B. *The IDL Astronomy User's Library, Astronomical Data Analysis Software and Systems IV, ASP Conference Series, Vol. 77, 1995, p. 437.*
4. Standish E.M. *JPL Planetary and Lunar Ephemerides, DE405/LE405, Jet Prop Lab Technical Report, IOM 312, F-048, 1998.*

УДК 911.2:528.7:551.32

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-228-242

**А.Д. Китов<sup>1</sup>, В.М. Плюснин<sup>2</sup>, Е.Н. Иванов<sup>3</sup>, Д.А. Батуев<sup>4</sup>, С.Н. Коваленко<sup>5</sup>**

**ИНТЕРНЕТ-ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БАЗ ДАННЫХ  
ЛЕДНИКОВ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ**

**АННОТАЦИЯ**

*Рассматривается методика формирования баз данных (БД) ледников юга Восточной Сибири и представление их в общем доступе по Интернет. Технология заключается в векторизации исходных разновременных и содержательных пространственных данных на основе ГИС-технологий и формирования соответствующих БД, отражающих пространственно-временное изменение нивально-гляциальных образований. Результаты ГИС-проектирования представлены на сайте ИГ СО РАН и с помощью интернет-сервиса ArcGIS-online на общедоступной карте. Картографические базы данных представляют динамику нивально-гляциальных образований для трёх временных срезов: начало XX столетия (если были данные), его середина (по каталогам ледников и топографическим картам) и начало XXI века (по космическим снимкам и натурным исследованиям). Графические объекты представлены в виде точечных ГИС-тем, линейных и полигональных. С помощью точечных тем индицируются такие параметры, как центр, нижняя и верхняя границы ледника, по линейным темам определяется длина и периметр ледника, полигональные элементы представляют границы ледника и его площадь. Атрибутивная таблица соответствует международному стандарту World Glacier Inventory (WGI). Для северной Азии на международных порталах контуры ледников представлены условно (эллипсами), а атрибутивные*

<sup>1</sup> Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН; 664033, Россия, Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1; e-mail: kitov@irigs.irk.ru

<sup>2</sup> Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН; 664033, Россия, Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1; e-mail: plusnin@irigs.irk.ru

<sup>3</sup> Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН; 664033, Россия, Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1; e-mail: egoryo@bk.ru

<sup>4</sup> Институт географии им. В.Б.Сочавы СО РАН; 664033, Россия, Иркутск, ул.Улан-Баторская, 1

<sup>5</sup> Иркутский государственный университет; 664003, Россия, Иркутск, ул.Ленина, 3; e-mail: igpug@mail.ru

характеристики соответствуют состоянию, отображённому в каталогах ледников СССР с рядом неточностей. Рассматриваемые БД лишены этих недостатков, уточнены координаты центра ледников, контуры ледников имеют границы, соответствующие космоснимку или топокарте, в формате *shp*-файлов. Кроме того представлены новые ледники Байкальского и Баргузинского хребтов, которых нет в существующих каталогах и БД. Особенности ледников рассматриваются в контексте широтного трансекта Южной Сибири от Кодара до Восточного Саяна. ГИС-анализ баз данных показывает тенденцию и степень изменения климата, а технология, построенная на единой методологии, позволяет осуществлять мониторинг состояния нивально-гляциальных образований, ландшафтного окружения, количественно оценивать их характеристики и выявлять механизмы смены типа образований при трансформации и самоорганизации горных геосистем.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

*Восточная Сибирь, ледники, базы данных, ГИС, дистанционное исследование Земли*

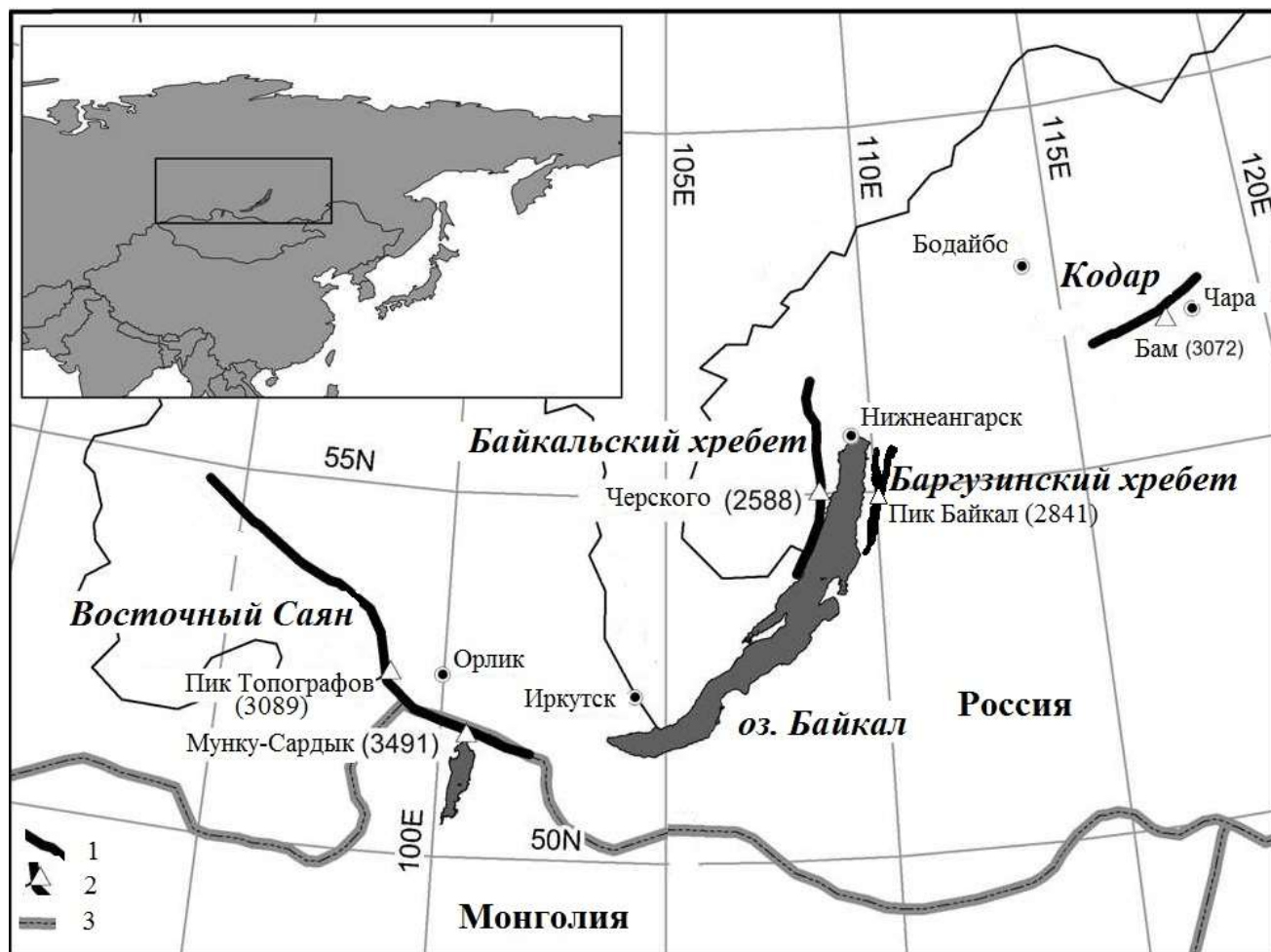
## ВВЕДЕНИЕ

В южной части Восточной Сибири выделяются три основные территории современного оледенения: хребет Кодар, северное Прибайкалье (Байкальский и Баргузинский хребты), Восточный Саян (рисунок 1). Эти горные сооружения лежат на своеобразном широтном трансекте, продолжающемся в юго-западном направлении в Монгольский Алтай и Китайский Тянь-Шань [Китов, Плюснин, 2008]. Малые ледники юга Сибири не представляют важные источники водоснабжения, но являются чувствительными индикаторами изменения климата [Поповнин, 2006; IPCC, 2007]. Установив характер их реакции на глобальное изменение климата с соответствующей реакцией больших ледников Тянь-Шаня, Памира, Тибета и др., можно оценивать водность и степень трансформации или законы самоорганизации горных и равнинных территорий, находящихся с ними во взаимосвязи.

Для выявления подобных закономерностей требуются ряды наблюдений за состоянием геосистем. Временной ряд наблюдения сибирских нивально-гляциальных образований достаточно короткий – порядка ста лет [Kitov *et al.*, 2009; Перетолчин, 1908]. Их системное топографическое картографирование и каталогизация делятся и того меньше – около полувека [Преображенский, 1960; Каталог, 1972, 1973]. Наиболее полно отобразить состояние ледников возможно на современной технологической основе и данных дистанционного зондирования Земли. Эпизодически исследователи проводили инвентаризацию существующего оледенения хребта Кодар и Восточного Саяна с использованием таких данных и ГИС [Shahgedanova *et al.*, 2011; Stokes *et al.*, 2013; Osipov, Osipova, 2014]. В монографии В.М.Котлякова с соавторами рассматривается состояние современного оледенения, в том числе юга Сибири [Котляков и др., 2015]. Впервые системно работа была проведена в ИГ СО РАН [Китов, Плюснин, 2011, 2013, 2015, 2016]. Были разработаны ГИС-проекты и зарегистрированы базы данных (База данных: «Ледники Баргузинского хребта», свидетельство № 2013620600, дата государственной регистрации в Реестре баз данных 13 мая 2013 г.; «Ледники Байкальского хребта», свидетельство № 2015620273, дата госрегистрации 13.02.2015; «Ледники массива Мунку-Сардык». Свидетельство № 2015620398, дата госрегистрации 27.02.2015; «Ледники массива пика Топографов», свидетельство № 2015621394, дата госрегистрации 10.09.2015; «Ледники хребта Кодар», свидетельство № 2016621167, дата госрегистрации 25.08.2016). Ниже представлена методика и технология создания ГИС-проектов и составления БД на основе литературных данных, экспедиционных работ, картографического материала и космоснимков.

Существующие базы данных в международном формате WGI [<http://www.webgeo.ru/index.php?r=47&id=38>] представляют временной срез 1960-х –1970-х годов прошлого столетия на основе топографических карт и данных каталогов ледников СССР соответствующих выпусков. Эти БД ледников Восточной Сибири сохранили неточно-

сти бумажного описания (недостаточно точно указаны географические координаты, приближённо даны площади и другие характеристики, а также не представлена графическая составляющая этих объектов, контуры ледников). Предлагаемые современные БД на основе ГИС-технологий, в формате WGI, дают уточнённые атрибуты ледников и дополнены некоторыми параметрами (таблицы 1, 2).



**Рисунок 1.** Ключевые участки горных территорий современного оледенения юга Восточной Сибири:

1 – линии хребтов с названиями; 2 – вершины с названиями и указанием наибольшей высоты; 3 – госграница

**Figure 1.** Key areas of mountainous territories of modern glaciation of the south of Eastern Siberia:

1 – line ranges with names; 2 – mountain tops with names and maximum height; 3 – state border

**Таблица 1. Основное описание ледника**  
**Table 1. General description of the glacier**

Название колонки	Тип данных	Описание
<b>ID</b> – Номер	Числовой	Номер объекта по порядку векторизации
<b>Code</b>	Текстовый	Международный 12-ти символьный код ледника типа SU5B16000xxx, где xxx – номер ледника
<b>Glacier name</b>	Текстовый	Название ледника латинскими буквами или номер (Num)
<b>Lat</b>	Числовой	Широта центра ледника
<b>Long</b>	Числовой	Долгота центра ледника
<b>Topo year</b>	Числовой	Год издания топографической карты. При отсутствии сведений ставится число -99
<b>Photo type</b>	Текстовый	Наличие (F) или отсутствие (N/A) аэрофотосъемки
<b>Photo year</b>	Текстовый	Дата аэрофотосъемки
<b>Total area</b>	Числовой	Общая площадь ледника, кв.км
<b>Area accuracy</b>	Числовой	Точность определения общей площади в %
<b>Area exposed</b>	Числовой	Площадь открытой части ледника, кв.км
<b>Area ablation</b>	Числовой	Площадь области абляции ледника, кв.км
<b>Max length</b>	Числовой	Длина ледника, км
<b>Max length ex</b>	Числовой	Длина открытой части ледника, км
<b>Orientation ac</b>	Числовой	Экспозиция области аккумуляции, градусы
<b>Orientation ab</b>	Числовой	Экспозиция области абляции, градусы
<b>Max elev</b>	Числовой	Высшая точка ледника, м абсолютной высоты
<b>Mean elev</b>	Числовой	Средняя высота ледника, м абсолютной высоты
<b>Min elev</b>	Числовой	Низшая точка ледника, м абсолютной высоты, м.н.у.м.
<b>Min elev ex</b>	Числовой	Низшая точка открытой части ледника, м.н.у.м.
<b>Classification</b>	Текстовый	«Классификация», состоит из 6-ти символов. 1-й и 2-й символы – морфологический тип ледника – 51 – дендритовый, 52 – сложно-долинный, 53 – долинный, 63 – карово-долинный, 64 – каровый, 37 – плоских вершин, 76 – кратерный, 65 – висячий, 67 – склоновый, 75 – присклоновый; 3-й символ – во всех случаях 0; 4-й символ – уклон поверхности ледника – результат деления значения перепада высшей и низшей точек на длину ледника: если результат больше 0,34, стоит цифра 2, если меньше, стоит цифра 1; 5-й символ – тип питания ледника: неизвестен – 0, снеговое – 1, лавинное – 2, наложенным льдом -3; 6-й символ – во всех случаях 0

**Таблица 2. Атрибуты расширения.**  
**Table 2. Attributes extension**

Название колонки	Тип данных	Описание
<b>Code</b>	Текстовый	Уникальный код ледника
<b>Type</b>	Числовой	Тип нивально-гляциального образования, степень деградации
<b>River</b>	Текстовый	Бассейн реки ледника
<b>Perimeter</b>	Числовой	Периметр ледника, км
<b>Year1</b>	Текстовый	Год получения данных
<b>Area1</b>	Числовой	Площадь (или другой параметр) ледника в год Year1
<b>Year_i</b>	Текстовый	i-й Год получения данных
<b>Area2</b>	Числовой	Площадь (или другой параметр) ледника в год Year_i
<b>X_coord</b>	Числовой	Долгота в прямоугольной системе координат Пулково 1942 г., метры
<b>Y_coord</b>	Числовой	Широта в прямоугольной системе координат Пулково 1942 г., метры
<b>Lat_dms</b>	Текстовый	Широта: Градусы Минуты Секунды
<b>Long_dms</b>	Текстовый	Долгота: Градусы Минуты Секунды
<b>Aspect</b>	Текстовый	Экспозиция: N – северная; NE – северо-восточная; E – восточная; SE – юго-восточная; S – южная; SW – юго-западная; W – западная; NW – северо-западная
<b>Hd</b>	Числовой	Перепад высот высшей и низшей точек ледника, м
<b>Tg</b>	Числовой	Уклон поверхности ледника – результат деления значения перепада высот на длину ледника (тангенс угла наклона)
<b>Atg</b>	Числовой	Угол наклона ледника, десятичные градусы

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве исходных данных были использованы для всех горных хребтов топографические карты 1960-х лет, а также растровые карты Госгисцентра (ГГЦ), представленные на соответствующем сайте. По этим данным была сформирована обобщённая растровая топографическая карта. К этой карте привязывались имеющиеся тематические карты ледников и данные дистанционного зондирования Земли (номера сцен и названия аппаратуры даны при описании соответствующих разделов БД ниже).

При разработке ГИС-проекта первоначально подбирались и сканировались (если нет цифрового варианта) схемы [Перетолчин, 1908] (для ледника Перетолчина, Восточный Саян) и топокарты первоначального картографирования ледников 1960-х лет. Наиболее полно в каталогах представлены ледники хребта Кодар и Восточного Саяна. В одном варианте данные каталогов СССР были представлены как точечные объекты с соответствующими характеристиками, в другом – была произведена картографическая реконструкция полигонального вида ледников, так, чтобы с наилучшей точностью удовлетворять данным каталогов [Китов, Плюснин, 2016]. Для хребта Кодар, как промежуточный срез, использовались тематические карты ледников [Пластинин, 1998; Китов, Плюснин, 2016]. Ледники Байкальского и Баргузинского хребтов не были каталогизированы, так как их существование было под сомнением [Китов и др., 2011]. Первоначальное оледенение этих горных массивов выделялось по топокартам. Современное состояние оледенения для всех горных хребтов выделялось по разновременным и разномасштабным данным многоспектрального дистанционного зондирования Земли. Все эти материалы географически привязываются к единой основе в проекции Гаусса-Крюгера на эллипсоиде Красовского (параметры Земли соответствуют WGS-84).

Технологически при разработке ГИС-проекта определяются три типа картографических объектов (тем): точечные, линейные и полигональные. На соответствующем первичном материале выделяются контуры нивально-гляциальных образований, как полигональные объекты, по ним рассчитывается площадь, периметр и центральные координаты объекта, формируется точечная тема. По точечной теме рассчитываются и заносятся в БД, кроме координат в десятичных градусах, как атрибуты координаты в градусах-минутах-секундах и прямоугольных координатах проекции в метрах. В эту точечную тему по исходной картографической основе наносятся точки верхней и нижней границы открытой части ледника. Через центральную точку от верхней границы до нижней по осевой линии ледника проводится линия (линейная тема) для определения длины ледника. Из характеристик, полученных по этим трём типам графических тем, рассчитываются остальные атрибуты и заносятся в БД. Это – средняя граница ледника (среднее между верхней и нижней границами), высота ледника (разность верхней и нижней границ), крутизна (тангенс, и угол наклона, по данным высоты и длины) и т.д. (см. таблицы 1 и 2).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований и обработки данных по представленной методике отображены на странице сайта ИГ СО РАН [<http://irigs.irk.ru/database.html>]. ГИС-проекты ключевых участков оледенения юга Восточной Сибири представлены на ГИС-портале ArcGIS Online: [<https://www.arcgis.com/>].

### Ледники хребта Кодар

ГИС-карта ледников хребта Кодар: [<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=d7990b6d228a4e00ace80406cdb27247>].

Представлена структура базы данных и собственно база данных ледников. БД содержит информацию о состоянии нивально-гляциальных образований горного хребта Кодар в Становом нагорье, которую можно использовать с целью сравнительного анализа геосистем гор Южной Сибири и оценки влияния изменения климата. База данных включает в себя информацию по 110 объектам хребта Кодар (идентификационный номер, универсальный международный код ледника, название ледника и другие характеристики в соответствии с международной структурой описания ледников). БД состоит из картографических данных и таблиц, в которых содержатся стандартные параметры ледника на момент первичного описания, уточнённое современное состояние и описание дополнительных характеристик, а также данные предыдущих исследователей по всем основным ледникам массива. Это позволяет проследить динамику ледников за последние полвека. База данных является пополняемой и структурно расширяемой. Собственно БД состоит из 4 баз данных:

1. БД ледников хребта Кодар по топографическим картам на 1960-е. Для получения информации о ледниках использованы топографические карты, доступные в Интернете на период 1960-х лет масштаба 1:50000, 1:100000 и 1:200000. Это первичные данные о состоянии оледенения территории. В то же время их следует считать уточняющими к данным БД2. Центры ледников уточнены. Контурные ледников представляют, вероятно, максимально возможные размеры нивально-гляциальных образований на то время.

2. База данных соответствует состоянию ледников 1960-х, начала 1970-х годов [Каталог, 1972]. Эти данные представлены как в Каталоге ледников СССР с дополнительными параметрами, уточняющими высотное положение, и занимаемую площадь, с уточнением координат центров ледников.

3. БД по карте ледников хребта Кодар 1976 г. [Пластинин Л.А., Плюсин В.М., Рудаков П.П., не опубл.] с учётом карты из монографии [Пластинин, 1998].

4. БД по космоснимкам последнего десятилетия. За базовое представление приняты космоснимки LC81270202014227LGN00 (15.08.2014г) и LC81270202015246LGN00 (03.09.2015г). Дополнительно использованы космоснимки: LE71280201999233SGS00

(21.08.1999г), ELP128R020\_7T20020813 (04.08.2002г), LE71270202010224EDC00 (12.08.2010г), LC81270202013192LGN00 (11.07.2013г), LC81260202014204LGN00 (23.07.2014г), LC81270202014211LGN00 (30.07.2014г), LC81260202015191LGN00 (10.07.2015г), LC81270202015198LGN00 (17.07.2015г). В основном использованы синтезы спектральных каналов Landsat-7: 2, 4, 7 и 1, 2, 3 (аналогичных каналов Landsat-8: 3, 5, 7 и 2, 3, 4) с улучшением по 8 каналу. Также использованы снимки Aster A68313881401 (орто-трансформированные, 14.08.2009г); EROS-B1 e2075861 (07.09.2007г); Quick Bird 052147527010 и 052221300010 (05.08.2009г и 10.09.2009г).

### **Ледники Баргузинского хребта**

ГИС-карта ледников Баргузинского хребта:

[<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=2d17fd140c9f4c02a69637fadb912dba>].

База данных содержит информацию о состоянии нивально-гляциальных образований Баргузинского хребта, которую можно использовать с целью сравнительного анализа геосистем гор Южной Сибири и оценки влияния изменения климата. База данных включает в себя информацию по 187 объектам Баргузинского хребта. Собственно база данных состоит из двух БД:

1. БД ледников по топографическим картам на 1960-е. Для получения информации о ледниках использованы топографические карты, доступные в Интернете (ГГЦ) на период 1960-х лет масштаба 1:50000, 1:100000.

2. БД ледников по космоснимкам на 2010-2014 годы. Информация о современном состоянии ледников получена по данным дистанционного зондирования Земли (космоснимкам) Landsat-5-8, имеющим пространственное разрешение 15-30 метров. За базовое представление приняты космоснимки LE71310212010236SGS00 (24.08.2010) и LC81310212014239LGN00 (27.08.2014). Также использованы снимки: LT51310211992211BJC01 (29.07.1992), LT51310212003193BJC00 (12.07.2003), LE71310212008183EDC00 (01.07.2008), LT51310212009241MGR00 (29.08.2009), LE71310212010252SGS00 (09.09.2010), L5131022\_02220110819 (19.08.2011), LE71310212012258EDC00 (14.09.2012), (08.08.2013), LE71310212013244EDC00 (01.09.2013), LC81310212013220LGN00 (08.08.2013). Для детального исследования использовались снимки World View-1 052717720010\_01\_P001\_PAN (08.09.2008) и 052717720010\_01\_P002\_PAN (10.09.2008) с разрешением 0,5 м, а так же данные о рельефе ASTGTM2\_N55E112.

### **Ледники Байкальского Хребта**

ГИС-карта ледников Байкальского хребта:

[<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=92f412500efd4db1bc04a87a35edc2f7>].

База данных содержит информацию о состоянии нивально-гляциальных образований Байкальского хребта, которая включает в себя информацию по 6 объектам данного хребта. Собственно база данных состоит из двух БД:

1. БД ледников по топографическим картам на 1960-е. Для получения информации о ледниках использованы топографические карты, доступные в Интернете (Госгисцентра, ГГЦ) на период 1960-х лет масштаба 1:50000, 1:100000.

2. БД ледников по космоснимкам на 2010-2014 годы. Информация о современном состоянии ледников получена по данным дистанционного зондирования Земли (космоснимкам) Landsat-5-8, имеющих пространственное разрешение 15-30 метров. За базовое представление принят космоснимок LE71320222010227EDC00 (15.08.2010), а также использованы снимки LE71320222010259EDC00 (16.09.2010), p132r022\_7x20020724 (24.07.2002), и высокого разрешения (0,45 – 0,7 м) World View-2 (13.09.2012) и Pleiades (31.08.2013) по версии Google Earth.

### **Ледники массива пика Топографов**

ГИС-карта ледников пика Топографов:

[<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=9669b602d4ca4f76adff609e62f13dc1>].

БД содержит информацию о состоянии нивально-гляциальных образований горного массива пика Топографов в Восточном Саяне. База данных включает в себя информацию по 42 объектам массива пика Топографов. Собственно БД состоит из трёх баз:

1. База данных соответствует состоянию ледников 1950-х годов [Каталог, 1973]. Это первичные данные о состоянии оледенения этой территории.

2. БД ледников пика Топографов по топографическим картам на 1960-е. Для получения информации о ледниках использованы топографические карты, доступные в Интернете (ГГЦ) на период 1960-х лет масштаба 1:50000, 1:100000. Эти данные в некоторой степени следует считать уточняющими к данным БД.

3. БД ледников пика Топографов по космоснимкам на 2010-2014 годы. За базовое представление приняты космоснимки LE71370232010230SGS00 (18.08.2010) и LE71370242010198SGS00 (17.07.2010). Дополнительно использованы космоснимки: L5138023\_19910728 (28.07.1991), L7137023\_20010809 (09.08.2001), L5138023\_20050819 (19.08.2005), L5138024\_20050920 (20.09.2005), LE71380232010189SGS00 (08.07.2010), LC81370242013246LGN00 (03.09.2013), LE71370242014209EDC01 (28.07.2014), а также снимки высокого разрешения World View-1 (07.08.2008 и 17.07.2008). В основном использованы синтезы спектральных каналов 2, 4, 7 и 1, 2, 3 с улучшением по 8 каналу.

### **Ледники массива Мунку-Сардык**

ГИС-карта ледников Мунку-Сардык:

[<https://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=47e7cb4347d7478cbe6fa492369b6cae>].

База данных содержит информацию о состоянии нивально-гляциальных образований горного массива Мунку-Сардык. Она включает в себя информацию по 14 объектам массива Мунку-Сардык. БД также содержит данные предыдущих исследователей, позволяющие проследить динамику ледников за полвека, а для ледника Перетолчина и Радде – за 100 лет. Собственно БД состоит из 4 баз:

1. База данных соответствует состоянию ледников 1950-х годов [Каталог, 1973]. Это первичные данные о состоянии оледенения этой территории.

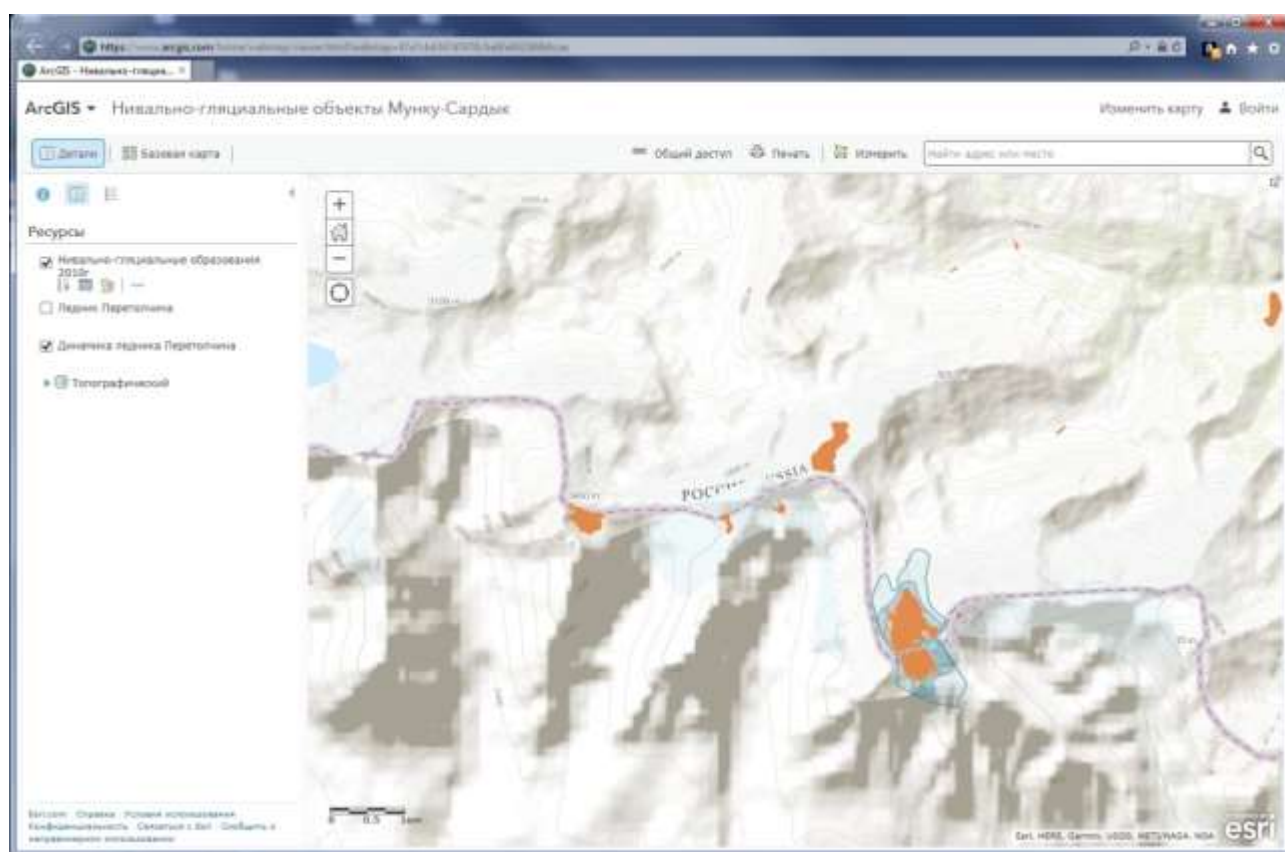
2. БД по топографическим картам на 1960-е. Для получения информации о ледниках использованы топографические карты, доступные в Интернете (ГГЦ) на период 1960-х лет масштаба 1:50000, 1:100000. Эти данные в некоторой степени следует считать уточняющими к данным БД.

3. БД о современном состоянии ледников по космоснимкам Landsat-5 - 8, имеющим пространственное разрешение 15-30 метров, за 2001-2015 годы. За базовое представление приняты космоснимки: Quick Bird (29.08.2006, разрешение 0,6 м), LT51360242007223IKR00 (11.08.2007) и LC81370242015220LGN00 (08.08.2015). Дополнительно использованы снимки: L7137023\_20010809 (09.08.2001), LE71360242007199PFS00 (18.07.2007), LE71360242006212PFS02 (31.07.2006), LE71360242007247PFS00 (04.09.2007), LE71360242010191SGS00 (10.07.2010), LE71360242010271SGS00 (28.09.2010), LE71360242012261EDC00 (17.09.2012), LC81360242013223LGN00 (11.08.2013), LC81370242014217LGN00 (05.08.2014), LC81360242014258LGN00 (15.09.2014), LC81360242015181LGN00 (30.06.2015), LC81370242015236LGN00 (24.08.2015), мозаика N-47-50\_2000 (в формате mrsid), а также снимки Spot-5 (разрешение 20 м), Pleiades (13.07.2013 и 03.08.2013, разрешение 0,5-2 м). Для сцен Landsat применялся синтез спектральных каналов 2, 4, 7 и 1, 2, 3 для Landsat-7, 3, 5, 7 для Landsat-8 с улучшением по 8 каналу.



4. БД по литературным источникам других исследователей включает: данные исходного состояния по С.П.Перетолчину [1908]; состояния по Е.В.Максимову [1965]; по Каталогу ледников СССР [1973]; по Р.М.Мухаметову [Арефьев, Мухаметов, 1988].

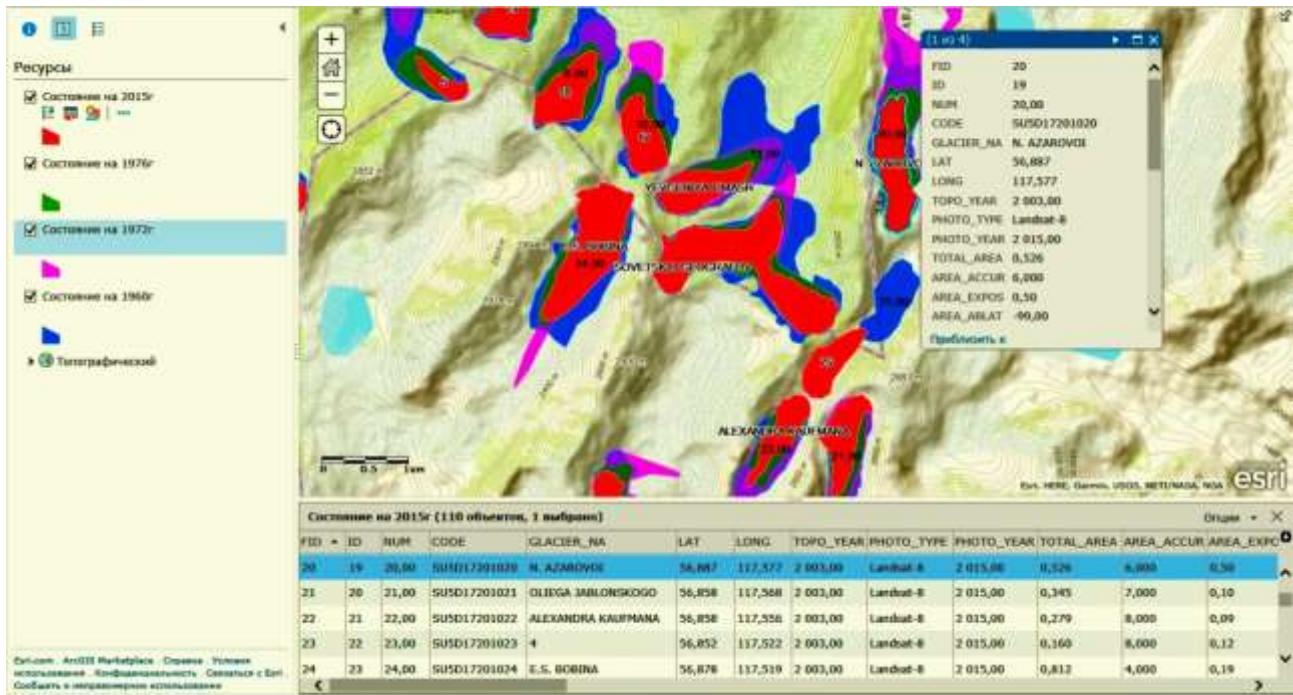
Карты, размещённые на портале ArcGIS-online, позволяют на различной картографической основе увидеть контуры ледников и атрибутивные данные. Например, карта «Нивально-гляциальных объектов Мунку-Сардык» представлена на общедоступной топографической основе (рисунок 2). Использован термин «нивально-гляциальные», так как рассматриваются не только ледники, но и каменные глетчеры и наледи этой территории.



**Рисунок 2.** Вид окна «Нивально-гляциальные объекты Мунку-Сардык»  
**Figure 2.** The view of “The Munku-Sardyk nival-glacial objects” window

Пользуясь разделами верхней строки меню (рассматриваем справа налево), можно произвести измерения на карте (раздел «Измерить»), во всплывающем окне выбрать точку для определения координат, линию, для определения длины, или площадь, определив единицу измерения. Раздел «Печать» позволяет сохранить или напечатать экстенд карты. Соответствующая подложка (основа) выбирается в разделе «Базовая карта». В зависимости от масштаба изменяется содержание карты или космоснимка. Увеличивать или уменьшать экстенд можно используя клавиши «мыши» (колёсико) или инструменты «+» и «-» вида.

Раздел «Детали» показывает информационную панель слева от карты. Значок «i» (О карте) позволяет увидеть краткое пояснение к карте, если перейти к «подробнее», то выводится полное описание. Там же представлены БД по литературным данным по Перетолчину, Максимову, каталогу ледников СССР, Мухаметову для трёх главных ледников массива (характеристики ледников: общая площадь, максимальная длина, верхняя и нижняя границы).



**Рисунок 3.** Фрагмент вида карты «Ледники хребта Кодар». Цветной заливкой показаны стадии ледников соответственно в 2015, 1976, 1972 и 1960 гг.  
**Figure 3.** Fragment of the map of glaciers of the Kodar ridge. Color marks stages of glaciers, in 2015, 1976, 1972 and 1960 respectively

Пиктограмма правее (Показать содержимое карты) позволяет визуализировать тематические слои, показать или скрыть легенду слоя, его атрибутивную таблицу, изменить символ представления, приблизить к выбранному объекту, установить его прозрачность. Объект выбирается либо в таблице, как запись в БД, либо маркером «мыши» в виде (одновременно во всплывающем окне демонстрируются характеристики объекта, а контур объекта подсвечивается).

На карте представлены слои:

- нивально-гляциальные образования по состоянию на 2010 год;
- ледник Перетолчина по состоянию 1906 г (реконструкция), 1960 г. (по топокарте), 2006 г. по космоснимку Quick Bird 29 августа 2006 г.;
- динамика ледника Перетолчина за эти же годы с установленной прозрачностью в виде.

Пользователи, имеющие лицензию на использование ArcGIS Desktop или другие продукты ESRI, могут использовать дополнительные инструменты и сервисы для ГИС-проектирования и анализа.

Пример фрагмента карты ледников хребта Кодар с подписями объектов (имена и номера), атрибутивной таблицей и выделенным ледником Азаровой с характеристиками во всплывающем окне представлен на рисунке 3.

На сайте Института географии РАН [<http://www.webgeo.ru/>] можно посмотреть и скачать в виде архивов пять файлов: «Ледниковые системы в Каталоге ледников СССР в формате WGI», «Пояснение к Основной Таблице Каталога ледников СССР в формате WGI», «Таблица «Ледниковые системы СССР по состоянию на 1940-1990гг»», «Таблица. Количество и площадь ледников в Основной Таблице I Каталога ледников СССР», «Таблица «Гляциологические провинции СССР»». Фактически это обобщение и представление текстовой инфор-

мации в цифровом виде на период создания каталогов СССР, что имеет, несомненно, историческое значение. Эти данные существенно дополняет информация, представленная в рассматриваемой статье, как картографически, так и материалами, не опубликованными ранее и уточняющими современное состояние нивально-гляциальных образований средствами ГИС-технологий.

На указанном сайте есть также ссылка на Каталог ледников СССР, которая как составная часть мирового каталога ледников хранится в Мировом центре данных по гляциологии в г. Боулдер, США [[http://nsidc.org/data/glacier\\_inventory/](http://nsidc.org/data/glacier_inventory/)]. Практически это та же информация, но можно получить shp-файлы или KML-файлы центров ледников для представления на интернет-карте.

С помощью сервиса туристического клуба Вестра [<http://westra.ru/reports/glacierinventory.html>] доступны данные международных БД GLIMS и RGI, которые можно разместить на портале Google Earth «Каталог ледников для Google Earth». Эти данные также соответствуют каталогам ледников СССР, без отображения динамики нивально-гляциальных объектов, состояние которых существенно изменилось за прошедшие полвека.

Представленные авторами базы данных с использованием современных информационных технологий, учитывающие последние исследования ледников юга Восточной Сибири, восполняют пробел по визуализации и анализу данных в Интернете.

## ВЫВОДЫ

Накопленные данные по ледникам Южной Сибири позволяют проводить более детальный анализ информации, в результате которого выявляются закономерности изменения горных геосистем. Рассмотренные базы данных существенно дополнены и уточнены и представляют современный механизм ведения мониторинга горного оледенения юга Восточной Сибири. Благодаря доступу к данным с использованием современных информационных технологий появляется возможность широкого обсуждения и дополнения имеющихся материалов в среде международного сообщества.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена по проектам «Геоинформационное картографирование и математическое моделирование географической среды в условиях глобализации и воздействия на природные и социально-экономические процессы в Сибири и на сопредельных территориях», «Экзогенное рельефообразование на юге Сибири в позднем плейстоцене и голоцене» и при поддержке гранта РФФИ 16-05-00902А «Механизмы самоорганизации геосистем Прибайкалья».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арефьев В.Е., Мухаметов Р.М.* На ледниках Алтая и Саян. – Барнаул: Полиграфист, 1996. – 175 с.
2. Каталог ледников СССР. – Т. 17, Вып. 2, Ч. 1. – Л.: Гидрометиздат, 1972. – 44 с.
3. Каталог ледников СССР. – Т. 16., Вып. 1. Ч. 3–5; Вып. 2, Ч. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 64 с.
4. *Китов А.Д., Плюснин В.М.* Особенности локальных гляциологических явлений в горных ландшафтах (на примере Байкало-Урумчинского трансекта) // Материалы международной конференции. InterCarto-InterGIS 14, Саратов-Урумчи, 24–26 июня 2008 г., Том 1. – Саратов, Международная картографическая ассоциация, 2008. – С. 130–137.
5. *Китов А.Д., Плюснин В.М.* Уточнение базы метаданных для инфраструктуры пространственных данных о ледниках // Материалы международной конференции InterCarto-InterGIS-17. – Барнаул: Международная картографическая Ассоциация, 2011. – С. 71–82.

6. Китов А.Д., Плюснин В.М. Создание и использование базы данных ледников Южной Сибири // Материалы международной конференции InterCarto-InterGIS-18.– Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2012. – С. 143–148.
7. Китов А.Д., Плюснин В.М. Базы данных ледников Прибайкалья. международной конференции ИнтерКарто-ИнтерГИС 21.– Краснодар: Изд-во Куб. ГУ, 2015. – С. 318–332.
8. Китов А.Д., Плюснин В.М. Инвентаризация нивально-гляциальных образований хребта Кодар (база данных) // Материалы Международной конференции ИнтерКарто-ИнтерГИС–22, Т. 1. – М.: Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2016. – С. 94–105. DOI:10.24057/2414-9179-2016-1-22-94-105.
9. Коваленко Н.В. Режим и эволюция малых форм оледенения. – М.: Изд-во Московского университета, 2008.– 207 с.
10. Котляков В.М., Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Попова В.В., Чернова Л.П., Муравьев А.Я., Рототаева О.В., Никитин С.А., Зверкова Н.М. Современные изменения ледников горных районов России. –М.: Тов-во научных изданий КМК, 2015.– 288 с.
11. Максимов Е.В. О ледниках массива Мунку-Сардык в Восточном Саяне // Известия РГО, 1965, Т. 97, вып.2. – С. 176–180.
12. Перетолчин С.П. Ледники хребта Мунку-Сардык // Изв. Томск.техн. ин-та, Т. 9. – Томск: Типолитография Сиб. т-ва печатного дела, 1908.– 60 с.
13. Пластинин Л.А. Дистанционно-картографическое изучение нивально-гляциальных комплексов горных районов Сибири (морфология и динамика ледников, снежников и наледей хребта Кодар в Забайкалье). – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1998.– 142 с.
14. Поповнин В.В. Современная эволюция ледников Земли // Современные глобальные изменения природной среды. – Т. 1.– М.: Научный мир, 2006. – С. 507–577.
15. Преображенский В.С. Кодарский ледниковый район. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 64 с.
16. IPCC. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed. By S. Solomon, D. Qin, M. Manning *et al.* Cambridge; N.Y. Intergovern. Panel on Climate Change, 2007. – 996 p.
17. Kitov A.D., Kovalenko S.N., Plyusnin V.M. The results of 100-year-long observations of the glacial geosystem dynamics in the Munku-Sardyk massif // Geography and natural resources, 2009. – Vol. 30, No 3/ – pp. 272–278. DOI:10.1016/j.gnr.2009.09.012.
18. Osipov E.Y., Osipova O.P. Mountain glaciers of southeast Siberia: current state and changes since the Little Ice Age. // Annals of Glaciology, 2014. – No 55 (66). – Pp. 167–176. DOI:10.3189/2014AoG66A135.
19. Shahgedanova M., Popovnin V.V., Aleynikov A., Stokes C.R. Geodetic mass balance of Azarova glacier, Kodar mountains, Eastern Siberia, and its links to observed and projected climatic change // Annals of Glaciology, 2011. – No 52 (58). – Pp. 129–137.
20. Stokes C.R., Shahgedanova M., Evans I.S., Popovnin V.V. Accelerated loss of alpine glaciers in the Kodar Mountains, South-Eastern Siberia // Global Planet Change, 2013. – 101. – Pp. 82–96. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2012.12.010.

**Aleksandr D. Kitov<sup>1</sup>, Viktor M. Plyusnin<sup>2</sup>, Egor N. Ivanov<sup>3</sup>, Dashi A. Batuev<sup>4</sup>,  
Sergey N. Kovalenko<sup>5</sup>**

## **THE INTERNET PRESENTATION OF DATABASES OF GLACIERS OF THE SOUTH OF EASTERN SIBERIA**

### **ABSTRACT**

*The authors consider the technology for creating databases of glaciers in Southern Siberia and the presentation of these databases on the Internet. The technology consists in the recognition and vectorization of spatial, multi-temporal data using GIS techniques, followed by the formation of databases that reflect the spatial and temporal variation of nival-glacial formations. The results of GIS design are presented on the website IG SB RAS and with the help of Internet service ArcGIS-online on the public map. The mapping of databases shows the dynamic of nival-glacial formations for three time phases: the beginning of the 20th century (if you have data), its middle (the catalogs of glaciers and topographic maps) and the beginning of the 21st century (according to satellite images and field research). Graphic objects are represented as point, line, and polygonal GIS-themes. Point-themes indicate parameters such as the center, lower and upper boundaries of the glacier. Line-themes determine the length and perimeter of the glacier. Polygonal-themes define the contour of the glacier and its area. The attributive table corresponds to the international standard World Glacier Inventory (WGI). The contours of the glaciers of northern Asia are represented conditionally (ellipses) at international portals, and attribute characteristics correspond to the state that was displayed in catalogs of glaciers of the USSR, and they are inaccurate. Considered databases are devoid of these shortcomings. Coordinates of the center of glaciers have been refined. Glaciers contours have boundaries, appropriate to space images or topographic maps, in shp-file format. New glaciers of Baikalskiy and Barguzinskiy ridges are also presented. Existing catalogs and databases still do not include these glaciers. Features of the glaciers are examined in the context of the latitudinal transect of southern Siberia, from the Kodar ridge to the Eastern Sayan. GIS-analysis of the Databases shows the trend and degree of climate change, and the technology that is built on a unified methodology makes it possible to monitoring the state of nival-glacial formations, landscape environment, and to quantify their characteristics. This allows one to identify mechanisms of change of the type of formation during the transformation and self-organization of mountain geosystems.*

### **KEYWORDS:**

*Eastern Siberia, glaciers, databases, GIS, remote sensing of the Earth*

### **REFERENCES**

1. Aref'ev V.E. Muhametov R.M. Na lednikah Altaya i Sayan [On the glaciers of the Altai and Sayan], Barnaul: Poligrafist, 1996, 175 p.
2. Katalog lednikov SSSR [Catalogue of glaciers of the USSR], T. 17, Iss. 2, Part 1, Leningrad: Gidrometizdat, 1972, 44 p.
3. Katalog lednikov SSSR [Catalogue of glaciers of the USSR], T. 16, iss. 1, part 3-5, iss. 2, part 1, Leningrad: Gidrometeoizdat, 1973, 64 p.

---

<sup>1</sup> V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS; 664033, Russia, Irkutsk, Ulan-Batorskaya st, 1; e-mail: kitov@irigs.irk.ru

<sup>2</sup> V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS; 664033, Russia, Irkutsk, Ulan-Batorskaya st., 1; e-mail: plyusnin@irigs.irk.ru

<sup>3</sup> V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS; 664033, Russia, Irkutsk, Ulan-Batorskaya st, 1; e-mail: egoryo@bk.ru

<sup>4</sup> V.B.Sochava Institute of Geography SB RAS; 664033, Russia, Irkutsk, Ulan-Batorskaya st., 1

<sup>5</sup> Irkutsk State University; 664003, Russia, Irkutsk, Lenin st, 3; e-mail: igpug@mail.ru

4. Kitov A.D., Plyusnin V.M. Osobennosti lokalnih glyciologicheskikh yavleniy v gornih landshaftah (na primere Baikalo-Urumchinskogo transekta) [Features of local glaciological phenomena in mountainous landscapes (the example of the Baikal-Urumqi transect)], *Materialy mezhdunarodnoj konferencii InterCarto-InterGIS-14*, Saratov: Mezhdunarodnaya kartograficheskaya asociaciya, 2008, pp. 130–137 (in Russian).
5. Kitov A.D., Plyusnin V.M. Utochnenie bazy metadannyh dlya infrastruktury prostranstvennyh dannyh o lednikah [Clarification of metadata database for spatial data infrastructure of the glaciers], *Materialy mezhdunarodnoj konferencii InterCarto-InterGIS-17*, Barnaul: Mezhdunarodnaya kartograficheskaya Asociaciya, 2011, pp. 71–82 (in Russian).
6. Kitov A.D., Plyusnin V.M. Sozдание i ispol'zovanie bazy dannyh lednikov Yuzhnoj Sibiri. [Creating and using a database of South Siberia glaciers], *Materialy mezhdunarodnoj konferencii InterCarto-InterGIS-18*, Smolensk: Izd-vo SmolGU, 2012, pp. 143–148 (in Russian).
7. Kitov A.D., Plyusnin V.M. Bazy dannyh lednikov Pribajkal'ya [The Databases of the Pribaikalye glaciers], *Materialy mezhdunarodnoj konferencii InterKarto-InterGIS-21*, Krasnodar: Izd-vo KubGU, 2015, pp. 318–332 (in Russian).
8. Kitov A.D., Plyusnin V.M. Inventarizaciya nival'no-glyacial'nyh obrazovaniy hrebta Kodar (baza dannyh) [Inventory nival-glacial formations of the Kodar Ridge (database)], *Materialy Mezhdunarodnoj konferencii InterKarto-InterGIS 22*, T. 1, Moscow: Izdatel'skij dom «NAUCHNAYA BIBLIOTEKA», 2016, pp. 94–105. DOI:10.24057/2414-9179-2016-1-22-94-105 (in Russian, abs English).
9. Kovalenko N.V. Rezhim i evolyuciya malyh form oledeneniya [Mode and evolution of small forms of glaciation], Moscow: Izd-vo Moscovskogo universiteta, 2008, 207 p. (in Russian).
10. Kotlyakov V.M., Hromova T.E., Nosenko G.A., Popova V.V., Chernova L.P., Murav'yov A.Ya., Rototaeva O.V., Nikitin S.A., Zverkova N.M. Sovremennye izmeneniya lednikov gornyh rajonov Rossii [Recent changes in the glaciers of mountain regions of Russia], Moscow: Tov-vo nauchnyh izdaniy KMK, 2015, 288 p. (in Russian).
11. Maksimov E.V. O lednikah massiva Munku-Sardyk v Vostochnom Sayane [About glaciers array of Munch-Sardyk in East Sayan], *Izvestiya RGO*, 1965, T. 97, Vyp. 2, pp. 176–180 (in Russian).
12. Peretolchin S.P. Ledniki hrebta Munku-Sardyk [Glaciers of the Munku-Sardyk Range], *Izv. Tomsk. tekhn. in-ta*, T. 9, Tomsk: Tipolitografiya Sib. t-va pechatnogo dela, 1908, 60 p. (in Russian).
13. Plastinin L.A. Distancionno-kartograficheskoe izuchenie nival'no-glyacial'nyh kompleksov gornyh rajonov Sibiri (morfologiya i dinamika lednikov, snezhnikov i naledej hrebta Kodar v Zabajkal'e) [Remotely-mapping study of nival-glacial complexes mountain regions of Siberia (the morphology and dynamics of glaciers, snow and ice of the Kodar ridge in the Trans-Baikal region)], Irkutsk: Izd-vo IrGTU, 1998, 142 p. (in Russian).
14. Popovnin V.V. Sovremennaya evolyuciya lednikov Zemli. Sovremennye global'nye izmeneniya prirodnoj sredy [Modern evolution of the Earth's glaciers. Today's global environmental changes], T. 1, Moscow: Nauchnyj mir, 2006, pp. 507–577 (in Russian).
15. Preobrazhenskij V.S. Kodarskij lednikovyy rajon [Kodar glacial area], Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1960, 64 p. (in Russian).
16. IPCC. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Ed. by S. Solomon, D. Qin, M. Manning *et al.* Cambridge; N.Y., Intergovern. Panel on Climate Change, 2007, 996 p.
17. Kitov A.D., Kovalenko S.N., Plyusnin V.M. The results of 100-year-long observations of the glacial geosystem dynamics in the Munku-Sardyk massif. Geography and natural resources, 2009, Vol. 30, No 3, pp. 272–278. DOI:10.1016/j.gnr.2009.09.012.

18. Osipov E.Y., Osipova O.P. Mountain glaciers of southeast Siberia: current state and changes since the Little Ice Age. *Annals of Glaciology*, No 55 (66), 2014, pp. 167–176. DOI:10.3189/2014AoG66A135.
19. Shahgedanova M., Popovnin V.V., Aleynikov A., Stokes C.R. Geodetic mass balance of Azarova glacier, Kodar mountains, Eastern Siberia, and its links to observed and projected climatic change. *Annals of Glaciology*, 2011, No 52 (58), pp. 129–137.
20. Stokes C.R., Shahgedanova M., Evans I.S., Popovnin V.V. Accelerated loss of alpine glaciers in the Kodar Mountains, South-Eastern Siberia. *Global Planet Change*, 2013, 101, pp. 82–96. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2012.12.010.

УДК 528.94

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-242-250

**А.Р. Аляутдинов<sup>1</sup>, А.В. Панин<sup>2</sup>, В.Н. Сёмин<sup>3</sup>**

**РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА  
ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВОЙ СИСТЕМЫ  
“АБСОЛЮТНЫЕ ДАТИРОВКИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ”**

**АННОТАЦИЯ**

*Анализ и обобщение отечественных и мировых тенденций развития методов геоинформационного картографирования показывает, что постоянно растущая потребность в пространственной информации разных сфер современного общества, использование современных технологий доступа и передачи пространственной информации, определяют переходный этап развития картографии к “картографированию на основе геоинформационных ресурсов”. Большой спрос на пространственную информацию способствует появлению большого числа сетевых информационных ресурсов, обеспечивающих задачи картографирования и являющихся основным условием использования геоинформационных технологий для решения научных и практических задач.*

*Картографирование на основе геоинформационных ресурсов позволяет расширить спектр использования разнородных пространственных данных, увеличить аудиторию и сократить путь до конечного пользователя при презентации картографических материалов, повышает эффективность работы с картографическими материалами за счёт технологий графического представления информации и управления содержимым ресурса [<http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2013/part4/LAO>]. В конечном итоге, разработка и использование геоинформационных ресурсов направлены на создание единого информационного пространства, как наиболее эффективного инструмента изучения природной среды и её управления.*

*В работе описывается технология создания информационно-справочной системы “Абсолютные датировки аллювиальных отложений”, реализованной в виде геоинформационного ресурса. Использование сетевых технологий позволяет предоставлять доступ к ресурсам системы всем заинтересованным пользователям. В качестве основного элемента разработанной информационно-справочной системы используется реляционная база пространственных данных, представленная в виде совокупности отдельных таблиц, связанных между собой логическими связями разных отношений. Большое внимание при разработке*

<sup>1</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, 1; e-mail: alik@geogr.msu.ru

<sup>2</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, 1; e-mail: a.v.panin@yandex.ru

<sup>3</sup> МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет; 119991, Россия, Москва, Ленинские Горы, 1; e-mail: vnsemin@mail.ru