

Kemmerikh A.O. Stok lednikov Pamira i Pamiro-Alaya [Runoff of the Pamir and Pamir-Alai glaciers] // Izv. AN SSSR. Ser. geogr. – 1974. №5. – S. 88-94. (In Russian)

Konovalov V.G. Empiricheskie formuly dlya raschyota tayaniya na lednikakh [Empirical Formulas for Calculating Glacier Melting] // Trudi SARNIGMI. – 1978. – Vol. 44(125). – S. 41-53. (In Russian)

Konovalov V.G. Tayanie i stok v glyazialnykh oblastiakh [Melting and drainage in glacial areas] // Trudi SARNIGMI. – 1979. – Vol. 63(44). – S. 51-63. (In Russian)

Konovalov V.G. Raschyot i prognoz tayaniya lednikov Sredney Azii [Calculation and forecast of melting glaciers in Middle Asia] – L.: Gidrometeoizdat, 1979. – 230 s. (In Russian)

Konovalov V.G. Fiziko-statisticheskaya model summarnogo tayaniya v glyazialnoy oblasti [Physico-statistical model of total melting in the glacial region] // Trudy SANII. – 1982. – Vol. 84(165). – S. 3-20. (In Russian)

Konovalov V.G. Statisticheskaya model glyazialnoy oblasti dlya raschyota summarnogo tayaniya lednikov [Statistical model of the glacial area for calculating the total melting of glaciers] // Trude SANII. – 1984. – Vol. 105(186). – S. 92-98. (In Russian)

Konovalov V.G. Tayanie i stok s lednikov v basseynakh rek Sredney Azii [Melting and runoff from glaciers in the river basins of Middle Asia]. // L.: Gidrometeoizdat, 1985. – 237 s. (In Russian)

Konovalov V.G. Issledovanie komponentov indeksa balansa akkumulyatsii i tayaniya v glyazialnykh oblastiakh Sredney Azii [Study of the components of the accumulation and melting balance index in the glacial regions of Middle Asia] // Trudy SANII. – 1986. – Vol. 107(188). – S. 98-109. (In Russian)

Nastavlenie po sluzhbe prognozov. Razdel 3. Ch 1. Prognozy rezhima vod sushy. [Forecast Service Manual. Section 3. Part 1. Forecasts of the regime of land waters]. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 193 s. (In Russian)

Sheglova O.P. Pitanie rek Sredniy Azii [Feeding the rivers of Middle Asia] // Samarkand: SamGu, 1960. – 243 s. (In Russian)

Catalogue of Pamir and Hissaro-Alay Glaciation for 1980 (database of S.A. Schetinnikov) compiled by Prof. G.E. Glazirin, M.G. Glazirina. – Almaty, 2012. – 565 pp.

УДК: 556.55:622.847.(575.1)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ВЫСОКОГОРНЫХ ОЗЁР

И.В. ДЕРГАЧЁВА¹

¹ Научно-исследовательский гидрометеорологический институт, dergacheva_iv@mail.ru

Аннотация: Современный мир развивается стремительно. Растут города, осваиваются новые территории под сельское хозяйство, развиваются рекреационные зоны, происходит антропогенное изменение ландшафтов суши. Но не менее стремительно ландшафты меняются в результате изменения глобальных климатических показателей. Горные территории особенно чувствительны к происходящим изменениям. Отступление ледников ведёт к образованию большого количества небольших водоёмов, которые отличаются нестабильностью и могут быть причиной возникновения разрушительных селевых потоков. Территории распространения ледниковых и моренных озёр труднодоступны. Многие озёра находятся в бассейнах трансграничных рек на территории сопредельных государств, что значительно усложняет проведения наземного и аэровизуального наблюдения. В решении данной задачи существенную помощь оказывают данные дистанционного зондирования земли. Использованию данных дистанционного зондирования земли для картографирования труднодоступных высокогорных озёр посвящена данная статья.

Ключевые слова: высокогорные озера, дистанционное зондирование земли, картографирование, морфометрические показатели, нормализованный индекс воды.

Введение. Материалы космических съемок стали важным источником информации для оперативной оценки происходящих изменений озёр в начале 90–х годов XX века. Данные дистанционного зондирования наряду с проведением специализированных экспедиционных наблюдений использовались для разработки новых и усовершенствования существующих методов тематической обработки и интерпретации спутниковой информации для оценки водных ресурсов озёр и водохранилищ Средней Азии. Были проведены экспедиционные наблюдения на озёрах и водохранилищах для выявления зависимостей спектральных яркостных характеристик от физических свойств водных масс, строения котловин водоемов и условий съемок.

В условиях деградации горного оледенения, сопровождающегося образованием ледниковых озёр, увеличивается активность протекания таких опасных природных процессов, как гляциальные сели. В этих условиях усовершенствование мониторинга потенциально опасных объектов и оперативная оценка состояния сложных природных комплексов, таких как горные прорывоопасные озёра задача, требующая особого внимания. Для территории Средней Азии *актуальность этой проблемы* обостряется двумя факторами [Черноморец и др., 2015]. Во-первых, тем, что многие селевые бассейны являются трансграничными, то есть зародившийся на территории одного государства сели может причинить ущерб населению и хозяйству другого государства. Трансграничность бассейнов, кроме того, затрудняет возможность своевременного оповещения жителей и, следовательно, предотвращения катастрофических последствий. Во-вторых, многие территории труднодоступны для полевого изучения, что диктует необходимость использования данных дистанционного зондирования земли.

Целью данного исследования является выявление особенностей территориального распространения прорывоопасных озёр, угрожающих территории Республики Узбекистан и их каталогизация *с использованием методов картографирования на основе данных дистанционного зондирования Земли.*

В настоящее время исследованиями в направлении изучения ледников, ледниковых озёр, гляциальных селей и их генезиса на территории Средней Азии занимаются С.С. Черноморец, М.А. Петров, Е.А. Савернюк, К.С. Висхаджиева, С.А. Ерохин, Э.Р. Семакова, Ю.А. Тарасов и др.

Группой ученых из России, Кыргызстана и Узбекистана был создан первый подробный перечень горных озёр Узбекистана на основе спутниковых наблюдений с использованием изображений WorldView-2, SPOT5 и IKONOS с пространственным разрешением от 2 до 10 м. Представленная инвентаризация горных озёр включает обзор озёр, находящихся на высотах более 1500 м, с площадью более 100 м², расположенных на территории Узбекистана: Ташкентская область - Чирчик-Ахангаранский речной бассейн; Сурхандарьинская область – бассейн реки Сурхандарья; Кашкадарьинская область – бассейн реки Кашкадарья; бассейн реки Шахимардан. Из 242 озёр, обнаруженных на обследованной территории, 15% считаются склонными к прорыву, 10% этих озёр имеют низкий потенциал прорыва, а остальные озёра имеют средний уровень потенциала прорыва [Petrov et al., 2017].

Возможности определения наиболее важных показателей оценки современного горного оледенения, в том числе и количества, появившихся в речном бассейне озёр для горных районов Узбекистана на основе использования спутниковой информации рассматриваются в работах [Semakova et al., 2016; Семакова и др., 2017]. Исследования выполнены для гляциальных областей Узбекистана, находящихся в пределах трёх основных речных бассейнов – Пскем, Кашкадарья и Сурхандарья, расположенных на востоке и юго-востоке республики. Результаты дешифрирования озёр на снимках ALOS/AVNIR-2 показали, что количество озёр к 2010 г. в бассейнах реки Пскем оказалось 110 (общая площадь 1,8 км²), из них 35 озёр (1,5 км²) завального происхождения и

75 моренных и ледниковых озёр (0,3 км²). Небольшие озёра (площадью менее 2000 м²) составляют 45% всех озёр. Большая часть гляциальных озёр (68%) расположена в высотной зоне 3400–3700 м, завальных озёр (11%) – на высотах 2300–2700 м. В районах Гиссаро-Алая обнаружено 67 озёр общей площадью 0,7 км². В бассейне реки Кашкадарья – 13 гляциальных и 4 завальных озера, 41% всех озёр расположены на высотах 3600–3700 м; в бассейне реки Сурхандарья – 34 и 16 соответственно, 78% озёр находятся на высотах 3700–4000 м.

Для определения горных ледниковых и гляциальных озёр в НИГМИ велись работы с использованием цифровых космических снимков ASTER TERRA [Батыров, Яковлев, 2004]. Цифровые спутниковые изображения, получаемые сканером ASTER, являются хорошей информационной основой для проведения мониторинга горных ледников и гляциальных озёр. При наличии снимков ASTER возможно дистанционно проводить каталогизацию ледников, определение пульсирующих ледников. Применение современных компьютерных технологий обработки цифровых космических снимков и технологий географических информационных систем позволяют существенно сократить время выполнения этих работ. В ходе работы были дешифрованы гляциальные озера некоторых речных бассейнов Алайского, Туркестанского и Зеравшанского хребтов горной системы Гиссаро-Алая и получены их контуры в виде векторного полигонального покрытия формата Shape ArcGIS.

Объект и предмет исследования, исходные данные и методы исследования.

При проведении исследований высокогорных озёр главными методами получения информации являются экспедиционные наблюдения, маршрутное геоморфологическое и геологическое картографирование. Результаты, полученные в ходе полевых и камеральных исследований - количественные характеристики потенциально опасных озёр: морфометрические показатели, состояние завалов озёр и их объёмы, состояние ледников и морен при обследовании моренных и ледниковых озёр, наиболее важны. Но на практике, с доступностью озёр, особенно высокогорной и трансграничной зоны для производства экспедиционных детальных гидрологических, геоморфологических, геологических и других видов исследований и построения на основе съёмок соответствующих карт крупного масштаба существуют определённые проблемы.

В работе [Васьков, 2016] описан метод дистанционного картографирования на основе интернет ресурса Google Earth. Исследование Васькова показало высокую сходимость результатов определения морфометрических характеристик по геологической карте с топографической основой М 1:10000 и по топографо-морфологической схеме, составленной на базе интернет ресурса Google Earth.

Отличительными чертами метода дистанционного картографирования на основе интернет ресурса Google earth являются:

- объективность и возможность независимого воспроизведения картографических материалов другими исследователями на тех же объектах с расхождениями в результатах, не превышающими допустимых пределов;
- построение однотипных схем для всесторонне исследованных (эталонных) объектов и для объектов физически недоступных;
- простота и доступность получения количественной информации о положении выделенных точек и полей топографического и геологического характера в пространстве;
- получение в результате применения метода дистанционного картографирования однородных материалов однообразного состава, пригодных для сравнительного анализа и выявления алгоритмов геодинамической составляющей катастроф гравитационного типа до и после событий;

- картографические материалы метода могут служить интегрирующей основой для размещения результатов применения других методов исследований на изучаемых объектах, в т. ч. в геоинформационных системах.

В исследовании по определению ледниковых озер [Aggarwaly et al., 2016] использовались различные контролируемые и неконтролируемые методы классификации, в том числе и NDWI (нормализованный индекс воды) наиболее подходящий для картографирования водных объектов. Значение NDWI для типичных поверхностей озера составляет от 0,60 до 0,85 [Huggel et al., 2002]. Использование всех методов дало переоценку количества озер. Основные проблемы использования подхода NDWI заключаются в следующем: тени были классифицированы как озера, из-за Рэлеевского рассеяния в синей полосе и каждая водная поверхность (талая вода на ледниках) и даже богатая водой почва были отображены в виде озер. В результате для инвентаризации озер было выполнено их редактирование и картографирование с использованием изображений Google Earth.

В данной работе для картографирования бассейнов труднодоступных и трансграничных рек, определения и уточнения координат прорывоопасных озер, построения схем применялся дистанционный метод с использованием интернет ресурсов Google Earth, Google Maps, OpenStreetMap.

Идентификация озер малых форм, какими в большинстве своём являются ледниковые и моренные озера, методом дистанционного картографирования на основе интернет ресурса Google Earth затруднена рядом объективных причин. Горные и особенно высокогорные области часто покрыты сплошной плотной облачностью, большую часть года высокогорные озера находятся под снегом. Часто ледниковые и моренные озера малых размеров существуют очень короткое время в период интенсивного таяния снежного покрова и ледников и большую часть года на снимках отсутствуют.

Возможность для идентификации озер даёт использование интернет ресурса OpenStreetMap, в котором предусмотрена возможность картографирования и редактирования объектов на основе использования разных снимков с удобной и быстрой сменой слоев, настройкой яркости, контрастности и т.д. Пример интерфейса интернет ресурса OpenStreetMap с оцифрованными озерами, ледниками и ручьём приведен на рисунке 1.

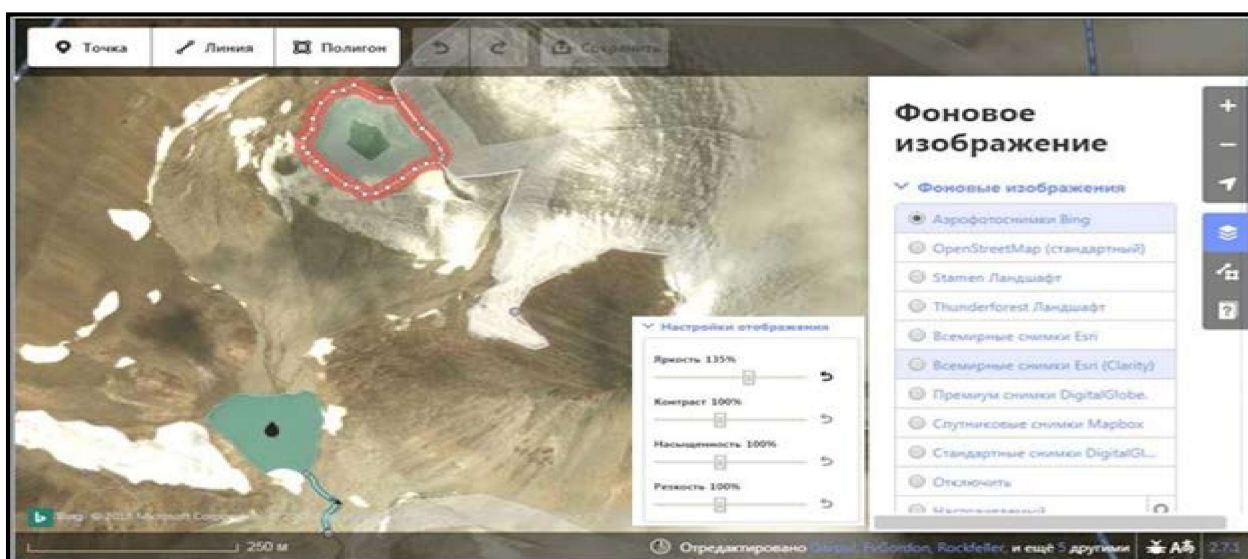


Рис. 1. Интерфейс интернет ресурса OpenStreetMap

Fig. 1. OpenStreetMap Internet resource interface

Для идентификации озер проводился сравнительный анализ снимков доступных в OpenStreetMap - спутниковые снимки Bing, MapBox, DigitalGlobe, ASTER, OrbView-3 и интернет ресурса Google Earth. Примеры снимков Google Earth и OpenStreetMap приведены на рисунке 2.

По результатам экспедиционных исследований, проведённых в 1998 году в бассейне реки Шавурсай было внесено в каталог 4 озера – озеро Шавуркуль, 2 озера у ледников Озерный верхний и нижний и одно озеро на правом притоке Шавурсая.

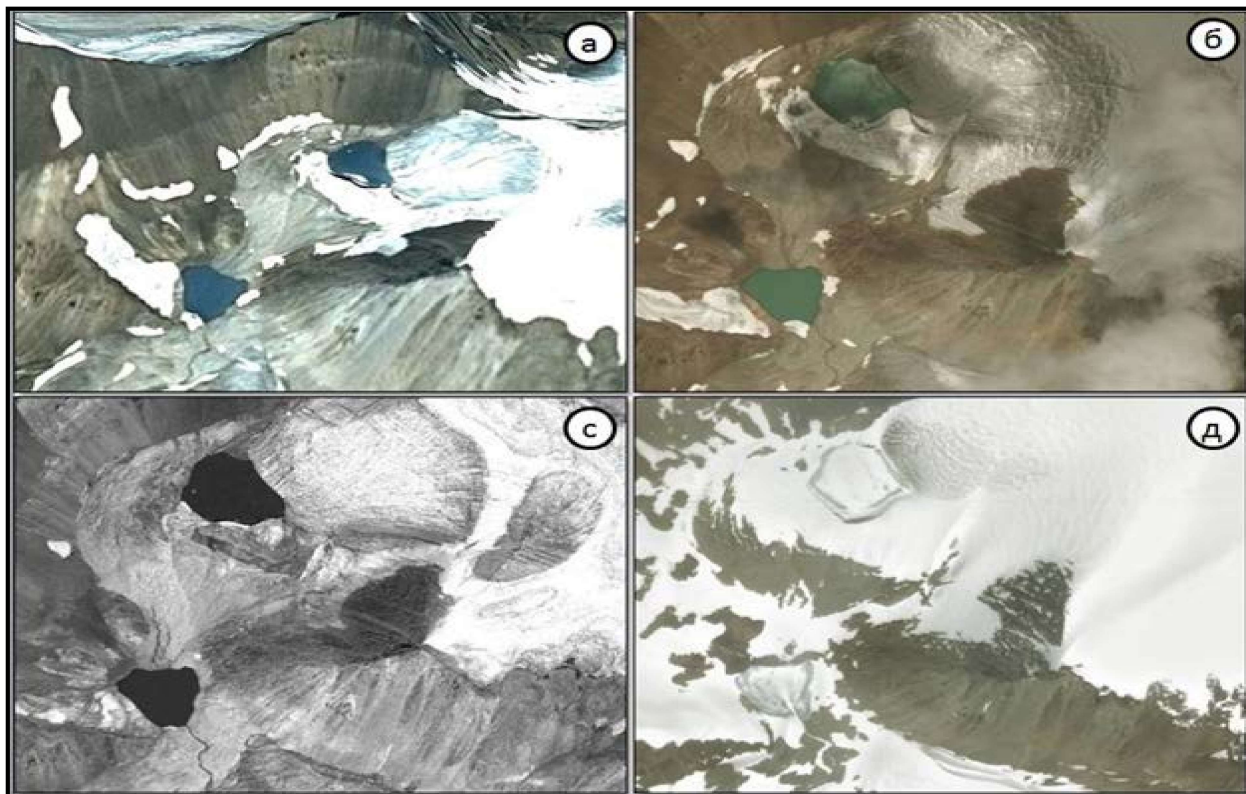


Рис. 2. Картографические материалы Google Earth и OpenStreetMap
(а) аэрофотоснимки Bing, (б) всемирные снимки Esri, (с) спутниковые снимки Mapbox,
(д) Google Earth.

Fig. 2. Google Earth and OpenStreetMap Cartographic materials
(a) Bing airphoto, (b) Esri world image, (c) Mapbox satellite image, (d) Google Earth

Летом 2003 года специалистами НИГМИ были исследованы прорывоопасные ледниковые озера в бассейне реки Пскем [Глазырин и др., 2003]. В ходе исследования была проведена съёмка двух моренных озёр в верховьях Шавурсая у ледников Озерный (рис. 3, 4). Непосредственно над нижним озером находится мощная стадияльная морена, за которой расположено верхнее озеро, вода из которого, фильтрующаяся через морену, составляет значительную долю притока в нижнее озеро. Отток из последнего происходит поверхностным путём через старую морену, подпруживающую озеро.

Съёмка планов озёр была выполнена с помощью приёмника GPS «Etrex Summit» и обычным тахеометрическим методом. Было определено, что ошибка определения положения (следовательно, и координат) точек не превышала 5-8 м., что для изменчивых объектов, какими являются моренные озера вполне удовлетворительно. Площадь верхнего озера составила 0,0188 км², нижнего – 0,0139 км², объём нижнего озера 39000 м³, время промеров - август 2003 г.



Рис. 3. Верхнее озеро у ледника Озёрный

Fig. 3. Upper lake near the Ozerniy glacier



Рис. 4. Нижнее озеро у ледника Озёрный

Fig. 4. Lower lake near the Ozerniy glacier

В результате картографирования озер у ледника Озерный на основе интернет ресурса Google Earth (рис. 5, 6) были получены следующие результаты – площадь водной поверхности верхнего озера составила – 18783 м², нижнего – 13389 м², дата снимка – 24 сентября 2013 года.



Рис. 5. Верхнее озеро у ледника Озёрный

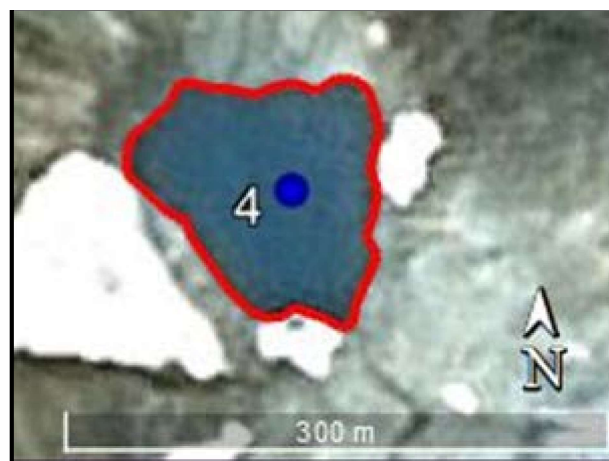


Рис. 6. Нижнее озеро у ледника Озёрный

Fig. 5. Upper lake near the Ozerniy glacier

Fig. 6. Lower lake near the Ozerniy glacier

Основные результаты. Для пополнения многоуровневой информационной системы «Прорывоопасные озера Узбекистана» проведена идентификация и картографирование высокогорных прорывоопасных озер, используя интернет ресурсы Google Earth и OpenStreetMap, определены географические координаты, высота местности, длина, ширина и площади зеркал озер. Было проведено обширное ручное редактирование и разметка, получены интерактивные карты и схемы бассейнов рек Узбекистана и сопредельных территорий. Для наглядности карты дополнены всплывающими окнами с основными характеристиками и скриншотами озер, использовано большое количество фотоматериалов.

Географическое положение озера - широта, долгота и высота над уровнем моря является его важной характеристикой, позволяющей сделать выводы о генетическом типе озера и основных чертах его режима. Одной из задач, решённой в работе, является

определение географического положения высокогорных прорывоопасных озер на территории Узбекистана и на сопредельных территориях, сток с которых осуществляется на территорию Республики.

На территории Республики Узбекистан и сопредельных территориях в ходе исследования выявлено 680 озер, прорыв которых угрожает народному хозяйству Узбекистана. Наибольшее число озер расположено в бассейнах рек: Пскем – 129, Чаткал – 116, Исфайрамсай – 94, Сох – 71.

Выводы. Несмотря на длительную и богатую историю изучения высокогорных озер Средней Азии, в настоящее время осталось еще много нерешенных вопросов, касающихся распространения, генезиса, прорывоопасности, механизмов прорыва высокогорных озер малых форм. Информационные технологии и методы дистанционного зондирования земли, в последние десятилетия, развиваются стремительно, что способствует появлению новых возможностей для изучения прорывоопасных высокогорных озер. Используя данные дистанционного зондирования проведена каталогизация и геоинформационное картографирование высокогорных прорывоопасных озёр, расположенных на территории Узбекистана и в бассейнах трансграничных рек. Полученные данные могут служить основой для оперативной оценки состояния сложных природных комплексов, каковыми являются горные прорывоопасные озера. В зависимости от степени риска различных территорий помогут специалистам разрабатывать рекомендации по целесообразному строительству и расположению объектов защиты от возможного прорыва озер, а также по ведению работ, нацеленных на снижение риска прорыва озер, что в целом будет способствовать снижению угрозы и минимизации ущерба при катастрофических прорывах высокогорных озер.

ЛИТЕРАТУРА

Батыров Р.С., Яковлев А.В. Использование цифровых космических снимков ASTER TERRA для определения гляциальных озер // Тр. НИГМИ. - 2004. – Вып. 3(248). – С. 14 – 21.

Васьков И.М. К вопросу о методологии и методах изучения гляциальных селей и их генезиса//Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита: Материалы IV Международной конференции Россия, Иркутск Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. – С. 28-36.

Результаты исследования прорывоопасных ледниковых озёр в бассейне р. Пскем летом 2003 г. / Глазырин Г.Е., Карташов Д.А., Муракаев Р.Р., Тарасов Ю.А., Шамсутдинов В.Н. // Труды НИГМИ. – 2005. – Вып. 5(250). – С. 43 – 55.

Семакова Э.Р., Семаков Д.Г. О возможности использования методов дистанционного зондирования Земли при расчётах гляциологических показателей для горных районов Узбекистана//Лёд и Снег, 2017, Т. 57, № 2. – С. 185-199.

Черноморец С.С., Савернюк Е.А., Висхаджиева К.С. Селевая опасность в бассейне реки Шахимардан (Киргизия и Узбекистан) // Вторые Виноградовские чтения. Искусство гидрологии. Санкт-Петербург, 20 ноября, 2015.

Arpit Aggarwaly, Sanjay K. Jainz, Anil K. Lohaniz and Neha Jainz. Glacial lake outburst flood risk assessment using combined approaches of remote sensing, GIS and dam break modeling//Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2016. Vol. 7, No. 1, 18–36, <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2013.862573>

Petrov M.A., Sabitov T., Tomoshevskaya I.G., Glazirin G.E., Chernomorec S.S. ext. Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan// Science of the Total Environment. T.592. Elsevir B.V. Netherlannds, 2017. - PP. 228-242.

Semakova E., Gunasekara K., Semakov D. Identification of the glaciers and mountain naturally dammed lakes in the Pskem, the Kashkadarya and the Surhandarya River basins, Uzbekistan, using ALOS satellite data//Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2016, Vol. 7, No. 3, 1081-1098, <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2015.1023852>.

Huggel C., Kaab A., Haeberli W., Teysseire P., Paul F. Remote sensing based assessment of hazards from glacier lake outbursts: a case study in the Swiss Alps. Canadian // Geotechnical Journ. 2002. V.39. № 2. – PP.316–330.

ЮҚОРИ БАЛАНДЛИҚДАГИ БОРИШ ҚИЙИН БЎЛГАН КЎЛЛАРНИ ХАРИТАЛАШ УЧУН МАСОФАДАН ЗОНДЛАШ МАЪЛУМОТЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШ

И.В. ДЕРГАЧЁВА¹

¹ Гидрометеорология илмий-тадқиқот институти, dergacheva_iv@mail.ru

Аннотация. *Замонавий дунё жадал ривожланмоқда. Шаҳарлар кўпаймоқда, қишлоқ хўжалиги учун янги ҳудудлар ўзлаштирилмоқда, рекреацион зоналар кенгайтирилмоқда ва оқибатда ер ландшафтларида антропоген ўзгаришлар рўй бермоқда. Ландшафтлар глобал иқлимий кўрсаткичларнинг ўзгариши натижасида ҳам тез ўзгармоқда. Содир бўлаётган ушибу ўзгаришларга тоғли ҳудудлар айниқса сезгирдир. Музликларнинг чекиниши ҳалокатли сел оқимларининг келиб чиқишига сабабчи бўлиши мумкин бўлган, беқарорлиги билан ажралиб турадиган жуда кўплаб кичик сув ҳавзаларининг шаклланишига олиб келади. Музлик ва морена кўллариининг тарқалиши ҳудудларига бориши муаммо, чунки кўплаб кўллар трансчегаравий дарё ҳавзаларида, қўшни давлатлар ҳудудида жойлашган. Шу туфайли уларда бевоиستا ва аэровизуал кузатувларни ўтказиши сезиларли даражада мураккабдир. Бу муаммони ҳал этишида ерни масофадан зондлаш маълумотлари катта ёрдам беради. Ушибу мақола бориши қийин бўлган баланд тоғ кўллариини хариталаштиришида ерни масофадан зондлаш маълумотларидан фойдаланиши масалаларига бағишланган.*

Калит сўзлар: *баланд тоғ кўллари, ерни масофадан зондлаш, хариталаштириши, морфометрик кўрсаткичлар, сувнинг меъёрлаштирилган индекси.*

USE OF EARTH REMOTE SENSING DATA FOR MAPPING INACCESSIBLE HIGH-MOUNTAIN LAKES

I.V. DERGACHEVA¹

¹ Hydrometeorological Research Institute, dergacheva_iv@mail.ru

Abstract. *The modern world is developing rapidly. Cities are growing, new territories for agriculture are being developed, recreational zones are developing, and anthropogenic changes in land landscapes are taking place. But landscapes are changing no less rapidly as a result of changes in global climatic indicators. Mountain areas are especially sensitive to the ongoing changes. The retreat of glaciers leads to the formation of a large number of small reservoirs, which are unstable and can be the cause of destructive mud flows. The territories of distribution of glacial and moraine lakes are inaccessible, many lakes are located in the basins of transboundary rivers, on the territory of neighboring states, which greatly complicates the conduct of ground and aerovisual observation. In solving this problem, the data of remote sensing of the earth provide significant assistance. These data are increasingly being used in hydrology. Global and freely available space data provides the only information readily available. This article is devoted to the use of remote sensing data for mapping hard-to-reach high-mountain lakes.*

Keywords: *high mountain lakes, remote sensing of the earth, mapping, morphometric indicators, normalized water index.*

REFERENCES

Batirov R.S., Yakovlev A.V. Ispolzovanie cifrovih kosmicheskikh snimkov ASTER TERRA dlya opredeleniya glyacialnih ozer [Using ASTER TERRA digital satellite imagery to identify glacial lakes] // Tr. NIGMI. - 2004. – Vip. 3(248). – S. 14-21. (In Russian)

Vaskov I.M. K voprosu o metodologii i metodah izucheniya glyacialnih selei i ih genezisa [On the question of the methodology and methods of studying glacial mudflows and their genesis] // Selevie potoki: katastrofi, risk, prognoz, zashita: Materiali IV Mejdunarodnoi konferencii Rossiya, Irkutsk Izdatelstvo institute geografii im. V.B. Sochavi SO RAN, 2016. – S. 28-36. (In Russian).

Rezultati issledovaniya prorioopasnih lednikovih ozer v bassine r. Pskem letom 2003 g. [Results of the study of outburst-hazardous glacial lakes in the river basin. Pskem in the summer of 2003] / Glazirin G.E., Kartashov D.A., Murakaev R.R., Tarasov Yu.A., Shamsudinov V.N. // Trudi NIGMI. – 2005. – Vip. 5(250). – S. 43-55. (In Russian)

Semakova E.R., Semakov D.G. O vozmojnosti ispolzovaniya metodov distancionnogo zondirovaniya zemli pri raschetah glyacialnih pokazatelei dlya gornih raionov Uzbekistana [On the possibility of using Earth remote sensing methods for calculating glaciological indicators for mountainous regions of Uzbekistan] // Led i sneg, 2017, T. 57, № 2. -S. 185-199. (In Russian)

Chernomorec S.S., Severnyuk E.A., Vishadjaeva K.S. Selevaya opasnost v basseine reki Shahimardan (Kirgiziya i Uzbekistan) [Mudflow hazard in the Shakhimardan river basin (Kyrgyzstan and Uzbekistan)] // Vtorie Vinogradovskie chteniya. Iskustvo Hidrologii. Sankt-Peterburg, 20 noyabrya, 2015. (In Russian)

Arpit Aggarwaly, Sanjay K. Jainz, Anil K. Lohaniz and Neha Jainz. Glacial lake outburst flood risk assessment using combined approaches of remote sensing, GIS and dam break modeling // Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2016. Vol. 7, No. 1, 18–36, <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2013.862573>

Petrov M.A., Sabitov T., Tomoshevskaya I.G., Glazirin G.E., Chernomorec S.S. ext. Glacial lake inventory and lake outburst potential in Uzbekistan // Science of the Total Environment. T.592. Elsevir B.V. Netherlannds, 2017. - PP. 228-242.

Semakova E., Gunasekara K., Semakov D. Identification of the glaciers and mountain naturally dammed lakes in the Pskem, the Kashkadarya and the Surhandarya River basins, Uzbekistan, using ALOS satellite data // Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2016, Vol. 7, No. 3, 1081-1098, <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2015.1023852>.

Huggel C., Kaab A., Haerberli W., Teysseire P., Paul F. Remote sensing based assessment of hazards from glacier lake outbursts: a case study in the Swiss Alps. Canadian // Geotechnical Journ. 2002. V.39. № 2. – PP.316–330.