Статистический анализ полученных результатов показывает, что содержание фосфорного ангидрида в пенном продукте зависят от концентрации водородных ионов при флотации, который характеризуется следующим эмпирическим уравнением:

$$\beta = -1,2 \text{ рН}^2 + 20,28 \text{ рН} - 61,655$$

Коэффициент корреляции для данного уравнения составляет $0,70 \pm 0,02$.

Таким образом, в результате проведенных исследований по схеме фосфоритовой флотации в открытом цикле установлен следующий оптимальный реагентный режим: расход фомола – 300 г/т, расход СаО до рН=8,0-8,5, при котором достигнуты следующие технологические показатели: выход фосфатного концентрата – 56,1% при содержании 24,5% и извлечении 65,4%.

Расчет различных характеристик ледника в сезон абляции по данным беспилотной аэрофотосъемки с использованием геоинформационных технологий на примере ледников Потанина и Александры

*Волгушева Н.Э., студентка,
Северо-Восточный федеральный университет,
г. Якутск*

*E-mail: natalya.volgusheva@yandex.ru
Бляхарский Д.П., руководитель проекта,
ГК Геоскан, г. Санкт-Петербург
E-mail: rash55@yandex.ru*

*Научный руководитель:
PhD, профессор Себастьян Гадаль*

Исследования ледников берут свое начало с конца XVIII – начала XIX вв., тогда как сама наука гляциология начала формироваться в XVIII в. Постепенно, от описательного характера изучения ледников и накопления знаний, переходили к физической сущности явлений в ледниках и природе льда, понятию и установлению его характеристик. Изучаются морские льды, снежный покров, лавины в горах, разрабатываются радиофизические методы исследования ледников, решаются проблемы, связанные с образованием и разрушением речного льда, с защитой от снежных лавин и селей.

Оснований для исследования ледников несколько. Например, составление прогноза наступаний/отступаний ледников на основе детального знания их динамики, истории движения. Этот прогноз имеет большое практическое значение для горных разработок, гидроэнергетических сооружений, трубопроводов и дорог, строящихся вблизи ледников. Одной из важных причин в современном мире является тесная взаимосвязь состояния ледников с атмосферой, окружающей средой, климатом. Причем не только климат влияет на состояние ледника, но и процессы, происходящие в леднике, дают ответное влияние на климат.

На данный момент исследований ледников с помощью БПЛА не очень много, и они в основном сконцентрированы в нескольких областях[1]. Наиболее

продолжительными и обширными работами являются исследования в Антарктике и на Шпицбергене. Также достаточно давно проводятся в Альпах и Непальских Гималаях.

Летом 2015 года кафедра физической географии и ландшафтного планирования при участии кафедры картографии и геоинформатики Санкт-Петербургского государственного университета организовала экспедицию при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований на горный массив Табын-богдо-ола (Монголия) для проведения исследования двух ледников Потанина и Александры, находящихся на границе трёх государств: России, Китая и Монголии. Ледники Потанина и Александры находятся на горном массиве Табын-богдо-ола, являющемся частью Монгольского Алтая. Хребет Монгольский Алтай находится в пределах северо-западной части Монголии. Район исследования располагается непосредственно у границ трёх государств (России, Китая и Монголии, на территории которой и находятся ледники). Средняя высота хребта Монгольский Алтай 3500 – 3800 м, а его наивысшая точка – г. Хуйтен – 4374 м, находящаяся поблизости от района проведения исследований (Рис. 1).

Для определения связи старичного русла с действующим водотоком были выполнен профиль методом ЭТ перпендикулярно старице (рис. 4). Работы выполнялись в начале осени. По результатам работ был получен геоэлектрический разрез (рис. 4) на котором выделяется область возможного сообщения старицы с современным руслом. Первые два метра разреза характеризуются низкими удельными сопротивлениями (менее 1000 Ом*м), что указывает на то что это талые сильноувлажнённые породы (торф, ил). Большая часть разреза сложена мерзлыми сухими песками (установлено по описанию обнажения). О наличии возможной связи воды в старице и в современном русле реки может указывать зона малых удельных сопротивлений на ПК60-ПК70 на абсолютных отметках 90-95 м.

Целью экспедиции являлось изучение баланса масс ледников Потанина и Александры за сезон абляции 2015 года с помощью двух методов измерений: классического гляциометеорологического и аэрофотограмметрического с применением беспилотного летательного аппарата. Для этого было предпринято разделение экспедиции на две части – июнь и в август (16 июня - 6 июля, 18 августа – 7 сентября),

т.е. в начале и конце сезона. Для достижения поставленной цели со стороны аэрофотограмметрического метода было произведено геодезическое обоснование и непосредственно аэрофотосъемка.

Основные результаты постобработки данных аэрофотосъемки – это ортофотопланы и цифровые модели местности (ЦММ). Она была проведена с помощью программного обеспечения (ПО) Agisoft Photoscan Professional [4]. Оно основывается на теории классической фотограмметрии [2] и современных методах Structure from Motion (SfM) [3].

Работа с результатами фотограмметрической обработки проводилась в геоинформационной системе Arcgis 10.1. Далее будут приведены примеры расчетов только нескольких основных характеристик ледников, которые в дальнейшем способствуют их гляциологическому анализу и моделированию: изменение высоты поверхности льда (за сезон абляции), высоты расположения границы питания, анализ отступления языка ледников, построение уклонов и экспозиций. Для их расчёта используются в основном ЦММ, ортофотопланы служили материалом для оценки точностей получаемых моделей.

Рис. 1. Пример рассчитанной экспозиции местности ледников Потанина и Александры на начало сезона абляции

По ЦММ начала и конца сезона абляции были построены карты уклонов и экспозиций, которые дают материал для первичной оценки рельефа местности, нахождения выделяющихся участков, требующих отдельного дополнительного изучения (рис. 1).

Рис. 2. Отступление языков ледников Потанина и Александры за сезон абляции

Также по ортофотоплану конца сезона абляции, когда большая часть снега стояла, и по рассчитанному объёму стоявшего материала (не приводится в данной статье) отвекторизована граница питания и получена её абсолютная высота (рис. 3). Аналогичным образом получено расположение и высота фирновой границы, также участвующей в дальнейших гляциологических исследованиях.

Рис. 3. Граница питания и фирновая граница на ЦММ конечной поверхности сезона абляции

Динамика высот поверхности ледников отображает процессы таяния и аккумуляции материала. По разнице высот разновременных поверхностей сезона абляции рассчитываются объём стоявшего и накопленного материала, скорости движения ледников и т.д. (рис. 4). На данном рисунке прослеживается градиент таяния снега и льда, хорошо видны русла ледниковых рек, фирновые пятна.

Рис. 4. Разность высот поверхностей начала и конца сезона абляции. Ледники и прилегающая территория

Таким образом, геоинформационный расчёт представленных и перечисленных характеристик ледников по материалам аэрофотосъемки с помощью БПЛА дает практически полное описание ледников для их дальнейшего гляциологического анализа. Метод позволяет получать аналогичные классическим способам данные с меньшими трудовыми затратами и более безопасно для исследователей. К тому же по объёму данных беспилотные аэрофотосъёмочные технологии превосходят другие (не считая лазерное сканирование) в несколько раз, что позволяет получать в постобработке более подробные модели. Немалую роль в распространении идеи использования дистанционных методов сыграл факт оперативности получения данных, в отличие от наземных способов. Более того, беспилотная аэрофотосъемка менее чувствительна к погодным условиям, тогда как дистанционное зондирование из космоса не позволит получить необходимые данные при высокой облачности над интересующей территорией. Также, наибольшее пространственное разрешение снимков, получаемых из космоса, не превышает 30 – 40 см, тогда как БПЛА позволяет получать и 3 см. А применение аэрофотосъемки в совокупности с геоинформационным анализом позволит исследователю выполнить большую часть спектра необходимых работ.

Список литературы:

1. Bhardwaj A., Sam L., Martín-Torres F., Kumar R. UAVs as remote sensing platform in glaciology: Present applications and future prospects. // Remote Sensing of Environment, 2016, No175, с.196-204.
2. Лобанов А.Н. Фотограмметрия. Недра, 1984.
3. Mapping landslide displacements using Structure from Motion (SfM) and image correlation of multi-temporal UAV photography. Lucieer A, De Jong S, Turner D, 2014.
4. Agisoft Photoscan user manual professional edition, version 1.2., 2015.