

Секция «Динамика и взаимодействие гидросферы, атмосферы, литосферы, криосферы»  
**Скорости движения ледников Белухи (Центральный Алтай), измеренные по  
спутниковым снимкам SPOT**

**Кобялко Роман Андреевич**

*Аспирант*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Географический  
факультет, Кафедра криолитологии и гляциологии, Москва, Россия

*E-mail: ramm333@mail.ru*

Бурное развитие отрасли дистанционного зондирования Земли в значительной степени повысило точность и детальность исследований. Если всего лишь десятилетие назад самыми востребованными были снимки с пространственным разрешением 5-50 м/пикс, то сейчас это высокодетальные изображения Земли из космоса разрешением менее 2 м/пикс [2]. Это дает прекрасную возможность выполнять высокоточные работы по измерению скоростей движения поверхностного слоя льда. Опорными точками на поверхности ледника, для измерения скоростей, является относительно крупный материал или его скопление, в виде срединной морены и/или крупных валунов, движущихся вместе со льдом вниз под действием силы тяжести. В зависимости от разрешения снимка, будут изменяться варианты выбора объекта, поэтому чаще всего выделяется скопление моренного материала, хорошо видного даже на снимках 10 м/пикс и мельче. Ряд снимков на территорию оледенения Белухи представлен с 2006 по 2013 годы. Из этого следует, что снимки использовались с разных спутников: от SPOT 2 до SPOT 6 и соответственно имели различное разрешение (табл. 1). Скорости движения льда на поверхности замерялись на семи основных потоках: Мушту-Айры, Аккемский, Менсу, большой и малый Берельский, Катунский и Чёрный. Скорость движения поверхности всех ледников Белухи, в среднем составила 25,1 метров в год (в период с 2006 по 2013). Средняя скорость отступления концов языков составила 21,9 м/год. Скорость движения каждого ледника различна, и зависит от множества факторов, а так же варьируется в рамках одного языка на разных участках. Средняя скорость поверхностного слоя льда на леднике Мушту-Айры равна 27,4 м/год. Максимумы зафиксированы на ледопаде и в районе впадения бокового потока, где скорости возрастают до 33,8 м/год. Но важным фактором является не только объем льда бокового потока, но и угол «вклинивания» в основной поток. Так верхний приток входит под углом 50°, где наблюдается максимальная скорость на языке. Поток расположенный немного ниже, хоть и имеет больший объем, но входит под углом 85°, и в данном случае скорость уже 28,6 м/год. В этой ситуации стоит так же учитывать факт замедления течения льда ближе к концу языка: от максимума на ледопаде до минимума на конце, и скорость здесь будет различаться на 14,8 м/год в центральном течении. У левого борта в нижнем течении наблюдается минимум, равный всего-навсего 10,3 м/год. Разница скоростей «от центра к бортам» прекрасно видна по характерным С-образным дугам на ледниковой поверхности, угол которых увеличивается ниже по течению. На Аккемском леднике, была замерена скорость движения вытянутого моренного острова в нижнем течении. Здесь подтвердился факт замедления льда. Скорости в нижней и верхней части различались на 2,8 м/год. Длина моренного вала составляет 685 метров, из чего следует что коэффициент замедления на этом отрезке равен 0,41 см/год на каждый метр поверхности. На леднике Менсу замерена скорость движения морены в центральном и боковом течении и подтверждена разница «от центра к бортам». В центре наблюдается скорость 30,1 м/год, а у борта 23,3 м/год. Похожая ситуация наблюдается и на малом Берельском леднике, где у борта мы наблюдаем 16,4 м/год, а в центральном течении 28,3 м/год. Большой Берельский ледник отличается большими скоростями, которые достигают 42,7 м/год. Средняя скорость составила 37,1 м/год. В центральном потоке наблюдаются показатели

от 35 до 42 м/год, в зависимости от близости к концу ледника, а по бортам скорости варьируются в интервале от 34 до 37 м/год. Катунский ледник, имеющий два потока, сливающихся в один ближе к концу языка, так же имеет различные скорости в силу не столько разницы объемов льда, сколько угла вхождения в единый поток. Орографически правый поток имеет меньший объем льда, но в силу вхождения в общий поток под углом 40°, правая область движется со скоростью 30,1 м/год, а левая часть с большим объемом льда, но входящая под углом 85°, имеет скорость 28,4 м/год. И наконец, ледник Черный, из-за своего небольшого размера, имеет относительно небольшую скорость в центральном течении, равную всего 16,7 м/год. Стоит отметить, что скорость движения льда изменяется не только «от центра к бортам» и от ледопадов к концу языка, но и в самой ледяной толще. Здесь мы имеем большие показатели скорости у поверхности и уменьшение вглубь, хотя есть свидетельства о нескольких случаях обратной зависимости, но в данном районе такого зафиксировано не было [1]. Скорость совершенствования средств и методов дистанционного зондирования Земли в последние годы значительно увеличилась. Группа искусственных спутников Земли, работающих на обеспечение ее непрерывного мониторинга, постоянно растет и качественно меняется в сторону постоянного улучшения [2]. Архива снимков на территорию Белухи, с разрешением 5м/пикс и крупнее, пока не достаточно, чтобы получить ряд с очень подробным анализом высокой точности изменения скоростей в относительно большие временные отрезки, на разных участках, на уровне отдельно лежащих валунов и отдельных трещин. Длинные ряды исследований предоставят информацию об изменениях скоростей движения ледника во времени, которые, порой существенно различаются в рамках всего нескольких десятилетий.

#### Источники и литература

- 1) Калесник С.В. Очерки гляциологии. Географгиз, М., 1963.
- 2) Санюшкин А.И., Зимин М.А. Спутники SPOT 6 и SPOT 7 – новый шаг в развитии отрасли ДДЗЗ // Земля из Космоса, СКАНЭКС. 2014. No. 2. С. 74-84.

#### Иллюстрации

Спутник	Разрешение (Panchrom), м/пикс	Разрешение (Multispectral), м/пикс
SPOT 2, SPOT 4	10	20
SPOT 5	2,5 – 2,8	10
SPOT 6	1,8 - 2	6

Рис. 1. Таблица 1. Разрешение снимков со спутников SPOT