

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГОЗАПАСА СНЕЖНОГО ПОКРОВА ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ВОСХОДЯЩИХ ПОТОКОВ ЛИТОСФЕРНЫХ НЕЙТРОНОВ

Целью исследований является получение экспериментальных доказательств наличия зависимости плотности потоков естественных нейтронов от влагозапаса в снежном покрове. Для достижения указанной цели были проведены эксперименты, в которых детекторы тепловых и быстрых нейтронов помещались в различных местах снежного покрова и на земной поверхности.

The purpose of researches is obtaining of the experimental proofs of the availability of the relationship between the density of streams of natural neutrons from the snow cover water equivalent. For accomplishing of the said goal the experiments were performed when detectors of thermal and fast neutrons were placed in the various places of the snow cover and on the ground surface.

Восходящий поток нейтронов на границе земля – воздух несет информацию о свойствах горных пород (влажности, химическом составе), покрывающем их снеге (льде) и формируется в результате взаимодействия различных излучений с горными породами. Основными параметрами являются альbedo падающего потока космических нейтронов, псевдоальbedo других компонентов космического излучения, естественная радиоактивность горных пород. Источники восходящего потока нейтронов, таким образом, можно разделить на две группы: атмосферные и литосферные. Источником, расположенным в воздухе, является нейтронный компонент космического излучения, ответственный за формирование «чистого» альbedo нейтронов, источником литосферным – нейтронные поля, которые формируются в результате ядерных взаимодействий других частиц космического излучения, естественной радиоактивности горных пород и спонтанного деления изотопов урана и тория.

Целью исследований являлось получение экспериментальных доказательств наличия зависимости плотности потоков естественных нейтронов от влагозапаса в снеж-

ном покрове, что необходимо для оценки степени наполнения водой рек, особенно берущих начало в горах, а также для прогноза схода снежных лавин. В экспериментах детекторы тепловых и быстрых нейтронов помещались в различных местах снежного покрова и на земной поверхности.

В первом эксперименте детекторы тепловых и быстрых нейтронов располагались на поверхности снежного покрова, а после уборки снега – на земной поверхности (рис.1, а). Для измерения плотности потока быстрых нейтронов детектор тепловых нейтронов типа СБДБ-01 прибора РСУ-01 помещался в полиэтиленовый шар диаметром 15 см, сверху по всей поверхности покрытый кадмием толщиной 1 мм. Очевидно, что такие детекторы регистрировали нейтроны, приходящие отовсюду: падающие из атмосферы, восходящие из горных пород, а также атмосферные альбедные.

Результаты первого эксперимента показали ожидаемую зависимость увеличения плотности потока тепловых нейтронов (рис.2) и уменьшения плотности потоков быстрых нейтронов от роста влагозапаса в снежном покрове примерно с 55 до 130 мм

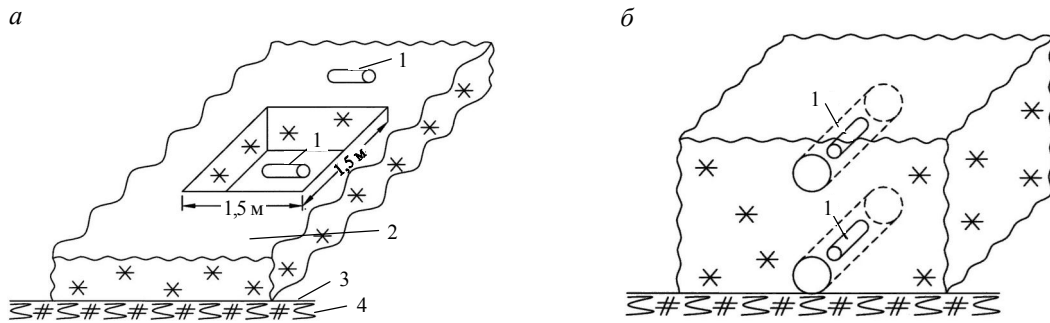


Рис.1. Схема расположения детекторов нейтронов в первом (а) и втором (б) экспериментах
 1 – детектор тепловых или быстрых нейтронов; 2 – поверхность снежного покрова; 3 – земная поверхность; 4 – почвенный слой

воды. Более надежные данные об указанной зависимости были получены для потока тепловых нейтронов. Это видно не только по разбросу экспериментальных данных, но и по коэффициентам корреляции, которые выше для тепловых нейтронов, а также градиентам. Соответственно для тепловых и быстрых нейтронов

$$\begin{aligned} dQ_{т.н}/d(\text{мм H}_2\text{O}) &= \\ &= 1,71 \cdot 10^{-5} \text{ нейтр./}(\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мм H}_2\text{O}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dQ_{б.н}/d(\text{мм H}_2\text{O}) &= \\ &= -2,06 \cdot 10^{-5} \text{ нейтр./}(\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мм H}_2\text{O}). \end{aligned}$$

Различие в чувствительности потоков тепловых и быстрых нейтронов к изменению влагозапаса в снежном покрове объясняется тем, что эта зависимость формируется в основном восходящими (так называемыми литосферными) потоками нейтронов, примерно на 80 % состоящими из тепловых нейтронов.

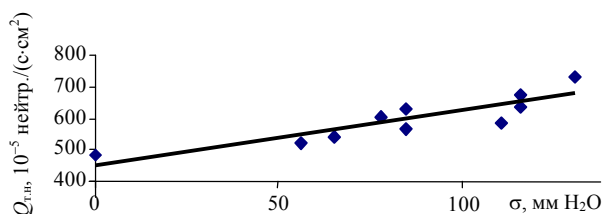


Рис.2. Зависимость плотности естественного потока тепловых нейтронов $Q_{т.н}$, измеренной на поверхности снежного покрова, от толщины снежного покрова σ

Во втором эксперименте детектор тепловых нейтронов помещался на поверхности и внутри снежного покрова в горизонтальной цилиндрической полости (рис.1, б). Толщина снежного покрова в водном эквиваленте отсчитывалась от поверхности снега (рис.3, кривая 1) либо от земной поверхности (рис.3, кривая 2). Этим прямым соответствуют следующие уравнения корреляции и коэффициенты корреляции:

$$Q_{т.н} = -5,3699 (\text{мм H}_2\text{O}) + 847,45; K = 0,92;$$

$$Q_{т.н} = 5,3699 (\text{мм H}_2\text{O}) + 170,66; K = 0,92.$$

Градиенты измерения плотности потока тепловых нейтронов на единицу толщины водного эквивалента для кривых 1 и 2 равны $5,0 \cdot 10^{-5}$ нейтр./ $(\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мм H}_2\text{O})$, что примерно в 3 раза больше, чем в первом эксперименте. Такое различие может быть объяснено технологическими ошибками измерений, в частности, неучетом влияния цилиндрической полости, а также возмож-

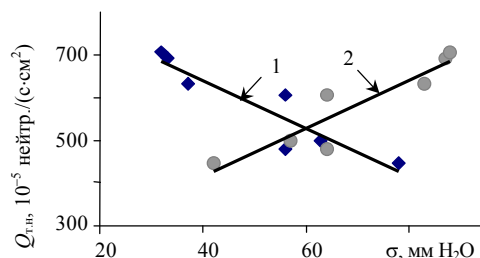


Рис.3. Зависимость плотности естественного потока тепловых нейтронов $Q_{т.н}$ внутри снежного покрова на разной глубине от поверхности снежного покрова (1) и от земной поверхности (2)

ными временными вариациями естественных потоков нейтронов, которые также не учитывались.

В третьей серии экспериментов детектор быстрых нейтронов (полиэтиленовая сфера, покрытая кадмием, внутри которой располагался детектор тепловых нейтронов) накрывался сверху или снизу полиэтиленовой полусферой толщиной 4,5 см. Все это

помещалось на поверхность снега и на земную поверхность под снегом при известной водно-эквивалентной толщине снежного покрова. Предполагалось, что при расположении замедляющей полусферы сверху детектор будет регистрировать быстрые литосферные нейтроны, а при расположении полусферы снизу – быстрые атмосферные нейтроны. Результаты измерений следующие:

Расположение замедлителя	Сверху	Снизу
$Q_{б.н.} \text{ нейтр./}(с \cdot см^2)$	$0,01106 \pm 0,00240$	$0,01332 \pm 0,00320$
	$0,00935 \pm 0,00233$	$0,00758 \pm 0,00248$

Примечание. В числителе и знаменателе – при детекторе, расположенном на снегу ($\sigma = 75 \div 120$ мм H₂O) и под снегом ($\sigma = 80$ мм H₂O) соответственно

Анализ данных эксперимента приводит к следующим выводам. Во-первых, на поверхности снежного покрова плотность потока атмосферных нейтронов больше, чем литосферных, а на земной поверхности картина обратная - плотность литосферных нейтронов в 1,2 раза больше атмосферных. Градиент замедления атмосферных нейтронов

$$\Delta Q_{б.н.}^{атм} = 7,2 \cdot 10^{-5} \text{ нейтр./}(с \cdot см^2 \cdot мм H_2O).$$

Во-вторых, плотность потока быстрых литосферных нейтронов на снежной поверхности оказалась больше, чем на земной поверхности, т.е. оказалось, что снеж-

ный покров не является замедлителем литосферных нейтронов. Этот факт можно объяснить наличием альбедных быстрых атмосферных нейтронов, рассеивающихся в снегу и попадающих в детектор. Учитывая не совсем однозначные данные первого эксперимента, использование потока быстрых литосферных нейтронов для определения влагозапаса в снежном покрове нецелесообразно.

В заключение следует подчеркнуть, что выявлены устойчивые корреляционные связи между плотностью потоков тепловых и быстрых нейтронов и влагозапасом снежного покрова.