

Математическое моделирование склоновых потоков с учетом неньютоновских свойств движущейся среды

Ю. С. Зайко¹, М. Э. Эглит¹, А. Е. Якубенко²

¹ *Московский Государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия*

m.eglit@mail.ru

² *Институт механики МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия*

yakub@imec.msu.ru

Рассматриваются природные геофизические потоки, движущиеся по склонам под действием силы тяжести, такие как снежные лавины, сели, быстрые оползни. Знание их динамических параметров и границ распространения необходимо для организации защиты различных объектов в горах. Большая часть существующих математических моделей геофизических склоновых потоков основана на уравнениях, осредненных по толщине потока. В этой работе строятся и исследуются модели склоновых потоков с использованием полных (не осредненных по толщине) уравнений механики сплошных сред. Модели учитывают следующие три важных фактора: сложные нелинейные реологические свойства движущегося материала, захват потоком подстилающего материала и возможность турбулентного режима движения. Предполагается, что захват донного материала происходит вдоль нижней поверхности потока, когда касательное напряжение на дне потока достигает значения предела прочности на сдвиг материала дна. Для задания реологических свойств среды используются модели Хершеля - Балкли, которые при надлежащем выборе входящих параметров соответствуют ньютоновской (линейно-вязкой) жидкости, жидкости с нелинейной зависимостью эффективной вязкости от скорости деформации, а также средам, характеризующимся наличием предела текучести. Для описания турбулентных характеристик предлагается трехпараметрическая модель турбулентности, предложенная В.Г. Лущиком, А.А. Павельевым и А.Е. Якубенко для расчетов движения жидкостей и газов вдоль проницаемых и непроницаемых стенок в присутствии градиента давления, массообмена и других процессов. Сформулированные модели используются для исследования влияния перечисленных трех

факторов на динамику потока и величину скорости вовлечения донного материала на примере движения по длинному однородному склону с постоянным уклоном, в предположении, что все параметры потока не зависят от продольной координаты. В частности, показано, что, как в ламинарных, так и в турбулентных потоках, при движении по длинному однородному склону с захватом подстилающего материала скорость и толщина потока при больших временах растут пропорционально времени, а скорость захвата донного материала стремится к константе. Величина этой константы зависит только от свойств движущегося материала и склона и от режима течения, и не зависит от величины средней скорости или толщины потока.

Работа поддержана РФФИ (проекты 15-01-00361, 15-01-08023)