

УДК 532.546

К ВОПРОСУ КЛАССИФИКАЦИИ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Бийбосунов А.И., Дуйшоков К.Д.

Кыргызский государственный технический университет
им. И. Раззакова

В статье предложен новый тип селевых процессов, определены основные физико-механические причины их возникновения, развития, пути построения соответствующих математических моделей для их исследования.

Ключевые слова: селевые потоки, шуга, зажоры, шугасодержащие паводки, математическая модель.

ГИДРОДИНАМИКАЛЫК ТЕГИНДЕ ПАЙДА БОЛГОН СЕЛ АГЫМДАРЫНЫН КЛАССИФИКАЦИЯСЫ МАСЕЛЕСИНЕ КАРАТА

Бийбосунов А.И., Дүйшөков К.Д.

И. Раззаков атындагы Кыргыз мамлекеттик техникалык университети

Бул макалада сел каптоо процессинин жаңы тиби сунушталган, селдин келип чыгышынын негизги физика, механикалык себептери, аларды изилдөө үчүн тиешелүү математикалык моделдерин түзүүнүн жолдору сунушталган.

Баштапкы сөздөр. Сел агымдары, шуга, зажорлор, шуганы өзүнө камтыган ташкындоолор, математикалык модель.

TO THE QUESTION OF CLASSIFICATION OF MUDFLOWS OF HYDRODYNAMIC ORIGIN

Biybosunov A.I., Duishokov K.D.

Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov

The article proposes a new type of mudflow processes, defines the main physical and mechanical causes of their occurrence, development, and ways of constructing appropriate mathematical models for their study.

Keywords: mudflows, sludge, glutton, sludge-containing floods, mathematical model.

Введение.

Исследуя основные причины формирования и развития селевых процессов и их классификацию, примем следующее известное и наиболее распространенное их определение: это внезапные водные потоки, обильно насыщенные твердым материалом, с характерным пульсирующим движением. Селевые потоки являются сложной гетерогенной системой с двумя основными компонентами: жидкость (вода) и твердая составляющая селевого потока (рыхлообломочный материал или другое образование). Строго рассматривая, в селевом потоке содержится и третья компонента – воздух. Но в данной статье влияние воздуха не учитывается, и мы будем ограничиваться двухфазной системой: жидкость – твердый материал.

Исследованию основных факторов развития и активизации селевых потоков и их классификации посвящено достаточно много научных работ [1-6]. На основе анализа данных наблюдений можно выделить следующие основные факторы, которые определяют возникновение, развитие и активизацию селевых процессов в горно-складчатых горных районах.

Итак, основными факторами развития селей являются:

1. Геологические условия,
2. Рельеф,
3. Гидрологические условия,
4. Гидрогеологические условия,
5. Атмосферные осадки и снеготаяние,
6. Поверхностный сток,
7. Сейсмические условия,
8. Техногенные факторы.

При этом, к постоянным причинам можно отнести геологические условия и рельеф. Остальные факторы являются медленно изменяющимися и быстро изменяющимися. Существует большое количество классификаций селевых потоков: по особенностям геологического строения, по морфологическим особенностям, гидрографии и гидрологии водотоков, интенсивности проявления селей и их повторяемости, характеру движения селевых потоков, составу твердой компоненты и состоянию воды селевого потока и т.д. Многообразие существующих классификаций свидетельствует о сложности природы и механизма селей, их недостаточной изученности.

В частности, для нашей республики характерны следующие очаги зарождения селевых потоков, которые можно классифицировать как:

1. Селевые потоки, связанные с выпадением большого количества водных осадков или интенсивным снеготаянием. Очаги этой группы имеют широкое распространение в нашей республике.

2. Селевые потоки, связанные с подпруживанием горных рек. Они происходят в результате прорыва завалов на реках, а также обвалами и временно перекрывающими речные потоки. Следует отметить, что прорыв завалов, дамбы или перелив воды через завалы и плотины вызывает катастрофические поавдки и селевые наводнение.

3. Селевые потоки, связанные с таянием ледников. Очаги этой группы являются также причиной катастрофических селевых потоков, однако, они происходят довольно редко по сравнению с первыми двумя формами. Кроме того, по составу селевой массы селевые потоки можно разделить на грязевые, грязекаменные и водно-каменные, а по составу воды и по режиму их движения селевые потоки разделяются следующим образом:

Селевые процессы можно рассматривать как:

1. Связанные, где основная масса воды связана тонкодисперсными частицами и несущей средой является водно-грунтовая смесь;

2. Несвязанные, в которых несущей средой для твердых включений выступает вода. Водная составляющая селевых потоков будет формироваться за счет атмосферных осадков (дожди и ливни), а также из-за таяния снега и ледников, а также прорывов завальных озер и водохранилищ.

Меньшее число селевых потоков формируются за счет интенсивного таяния снега и ледников, а также прорыва завальных озер. Следует отметить, что нередко формируются селеобразующие паводки. Они образуются во временных и малых водотоках за счет ливневых дождей, а иногда и в результате таяния снега [1;4].

В последние годы в зимний период проявилось еще одно характерное явление, связанное с глобальными климатическими изменениями, особенно после обильных снегопадов и последующими резким потеплением на реках и каналах Кыргызстана. Это образование зажоров и заторов льда, что по своим последствиям можно отнести к природно-техногенным катастрофам.

В частности, наблюдаются заторы в руслах перед некоторыми объектами, как перелеты мостов, различные гидротехнические сооружения. По этим причинам предложен новый вид селевых процессов, требующий дальнейших исследований: это формирование и развитие шугасодержащих селевых потоков. Шуга – рыхлые скопления смеси мелкого льда, снега и льдин, образующие смесь перед зимним ледоставом или во время весеннего ледохода. Такие явления наблюдались в руслах реки Ала-Арча в 2012-13, 2017-18, 2022-23 гг. в г. Бишкек.

Методика решения проблемы.

Рассматривая физико-механические теоретические и экспериментальные исследования по формированию шугасодержащих селевых потоков, можно отметить эрозионную в определенном смысле форму зарождения. То есть, характер зарождения шугасодержащих селей – это

процесс высвобождения твердых частиц (льда, шуги), движение и перенос осуществляется водой или суспензией. При этом, твердая фаза движется как во взвешенном, так и во влекомом состоянии. Их скорость зависит от размеров частиц, при этом мелкие частицы переносятся быстрее, чем крупные.

По мере разрушения структуры массива поток приобретает ламинарный характер, это означает, что шугасодержащий вид движения переходит в другой вид движения – вязкопластический. Это явление является границей перехода оползневого течения – потока в селевой. Кроме того, во многих шугасодержащих селевых потоках могут возникать и турбулентные течения, независимо от очагов возникновения, форм.

Для дальнейшего исследования такого вида селеопасных процессов предлагается модель динамики сплошных сред в виде жидкости и твердых частиц (шуги), обладающими необходимыми свойствами непрерывности, а именно распределения массы и легкой подвижности. Положив в основу такие физико-механические свойства шугасодержащего селевого потока можно установить основные уравнения динамики данного процесса, а также физические и математические области их применения при различных допущениях и упрощениях.

Как было отмечено выше, ключевым для эффективного исследования селевых процессов являются вопросы их динамики. В этой связи, как правило, специалисты различают три основные зоны:

1. Зона формирования селевого потока.
2. Зона транзита или движения селевого потока.
3. Зона затухания или разгрузки селевого потока.

В этой связи, для общего случая, полагаем справедливым исходить, при построении математической модели нестационарной задачи движения шугасодержащего селевого потока из системы уравнений Навье-Стокса, в которую входят уравнения неразрывности, переноса импульса и энтальпии:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{u}) = 0$$

$$\frac{\partial(\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla(\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = -\nabla \mathbf{p} + \rho \mathbf{g} \beta (T - T_{ref}) + \nabla \left(2\mu_{eff} D(\mathbf{u}) - \nabla \left(\frac{2}{3} \mu_{eff} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \right) \right)$$

$$\frac{\partial(\rho h)}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} h) + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u} k) = \nabla \cdot (\alpha_{eff} \nabla h) + \rho \mathbf{u} \cdot \mathbf{g}$$

$$h = \int_{T_0}^T C_p(T) dT ; \mu_{eff} = \mu + \mu_t ; \mu_t = \rho C_\mu k^2 / \varepsilon ;$$

Начальные и граничные условия формулируются исходя из исследуемой конкретной задачи.

Результаты исследований.

Учитывая вышеизложенное, применение теории и методов гидродинамики для изучения селей представляется оправданным. Таким образом, наш гидродинамический подход к исследованию селевых потоков заключается в следующем. В зоне формирования селевого

потока формулируются и решаются задачи фильтрации и инфильтрации жидкости, аналогичные задачам, изложенным во второй главе. Для изучения селевого потока в зонах транзита и затухания необходимо использовать многофазные модели динамики жидкости. Далее необходимо рассмотрение вопросов математического моделирования движения шугасодержащих селевых потоков.

Результаты натурных экспериментов, позволяет рассматривать модели шугасодержащих селевых потоков как течение двухфазных сред. Данный вид селевого потока представляет собой гетерогенную систему, состоящую из двух основных компонентов: твердого-шуги и жидкого, где несущая фаза – это вода, а дисперсными составляющими являются твердые частицы шуги, размеры, которых относительно незначительны.

Выводы

Для определения основных дифференциальных уравнений движения шугасодержащих селевых потоков справедливы предположения, используемых при изучении двухфазных течений, в плоской или пространственной модели процесса, при необходимости в конкретных случаях рассматриваются физико-математические процессы в пограничном слое таких течений.

Например, совокупность частиц считается непрерывно распределенной по всему объему с условной плотностью частиц равной произведению численной концентрации частиц в единице объема на массу одной частицы. Частицы имеют одинаковые размеры, и не взаимодействуют между собой. Давление создается только жидкостью, влиянием частиц пренебрегаем. Массовый расход жидкости и массовый расход частиц вдоль по течению постоянны. Вязкие силы проявляются только при взаимодействии твердых частиц с жидкостью.

Также часто справедливы допущения для такового вида селевого потока: это модель движения шугасодержащего массива в поле силы тяжести со свободной поверхностью, где глубина слоя достаточно мала по сравнению с размерами ширины и длины. В таком случае, поток можно рассматривать как двумерное течение в канале с неограниченной длиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бийбосунов А.И., Орозобекова А.К. Разработка механико-математических моделей для катастрофических процессов Кыргызстана (оползни и сели) // Доклады 111 традиционной Казахстанско-Российской научно-практической конференции. – Алматы, 2000. – С. 39-42.
2. Виноградов Ю.Б. и др. Селевые потоки. – М.: Гидрометеиздат, 1976.
3. Золотарев Г.С. Современные задачи инженерно-геологического изучения оползней, обвалов и селевых потоков в горно-складчатых

- областях // В кн.: Геологические закономерности развития оползней, обвалов и селевых потоков. – М.: МГУ, 1976.
4. Оползни и сели // ЮНЕСКО. – М.: Мир, 1988.
 5. Флейшман С.М. Сели. – Ленинград, Гидрометеиздат, 1978.
 6. Шеко А.И. Закономерности формирования и прогноз селей. – М.: Недра, 1980.