

# СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛЕВОГО ПОТОКА И АНАЛИЗ РАБОТЫ УСТРОЙСТВА СЕЛЕВОЙ ЗАЩИТЫ

**В.А. ТАГИ-ЗАДЕ**

НИИ Водных проблем,

Баку / АЗЕРБАЙДЖАН

*valeh\_tagizade@mail.ru*

## SEL AXINININ QURULUŞ-DİNAMİKA XÜSUSİYYƏTLƏRİ VƏ SEL AXININDAN MÜHAFİZƏ QURĞUSUNUN İŞİNİN ANALİZİ

### XÜLASƏ

Təqdim olunan məqalədə selin yaranma prosesinin fiziki mahiyyəti araşdırılır və bu prosesin yaranma modelinin iki əsas sxemi və hər sxemə aid olan fiziki şəraitlər göstərilmişdir. Sel axınına dispersiya sistemi kimi baxaraq, sel axının dinamikası və onun bəzi məsələləri müzakirə edilmişdir, sel axınının quruluş qatılığının anomaliya xüsusiyyətlərinə baxılır. Su və sel axının müxtəlif təbiətli olması göstərilmişdir. Məqalənin müəllifi tərəfindən icad edilmiş yeni sel axinindən mühafizə qurğusunun iş prinsipi müzakirə edilmişdir.

**Açar sözlər:** sel, sel suları, sel axını

## STRUCTURAL AND DYNAMIC FEATURES OF DEBRIS FLOWS AND ANALYSIS OF DEBRIS PROTECTION DEVICES

### ABSTRACT

In the present article the physical essence of process of origin is considered – genesis have sat down, are offered – two basic schemes – occurrence models have sat down, and also physical conditions of occurrence earth flow on each of schemes are considered. The earth flow is studied as disperse system, some questions of dynamics of earth flows are discussed; the qualitative party of occurrence of anomaly of structural viscosity of an earth flow is considered. It is underlined the various nature water and earth flows. Also is analyzed a principle of work of the new device for protection against flood waters and earth flows according to the invention of the author of article.

**Keywords:** debris flows, flood waters, earth flows.

### Введение

Селевые потоки наносят громадный ущерб населенным пунктам и хозяйственным объектам, являясь одним из наиболее существенных препятствий на пути развития народного хозяйства и освоения территорий горных и предгорных районов. Случаи разрушения селевыми потоками инженерных сооружений и даже целых сел и городов с сотнями человеческих жизней не единичны и явля-

ются общеизвестными фактами. Большой ущерб наносят селевые потоки транспортным путям, отмечены десятки и сотни случаев повреждения мостовых переходов, а также горным пастбищам и культурным землям. В конце 19-го и в начале 20-го столетия появилось большое количество описаний прохождения селей в различных горных долинах и несколько пособий по инженерной и лесотехнической защите от селей. Эти работы в основном носили описательный

характер разрушений и вреда нанесенного прохождением селевых потоков. Были предприняты серьезные попытки изучения физической стороны селевых явлений и выявления количественных параметров и характеристик формирования и движения селей. Однако значительного продвижения в решении этих вопросов не наблюдается. Это объясняется не только специфической сложностью самого явления (стихийность, редкая повторяемость, наличие большого количества факторов, обуславливающих его возникновение и т.д.), но также и тем, что раньше борьба с селевыми потоками носила локальный, эпизодический характер, и изучению селей и методам борьбы с ними не уделяли должного внимания. До настоящего времени, к сожалению, еще не разработаны надежные средства автоматической регистрации таких основных параметров селевых потоков, как их скорости, плотности, структуры и т.д. В настоящее время освоение горных и предгорных районов получило широкий размах, проблема защиты от паводковых вод и селевых потоков выросла до государственных масштабов, а несовершенство существующих теорий по механизму возникновения и определению параметров селевого потока, отсутствие методик по расчету селезащитных сооружений крайне затрудняет проектирование и строительство новых противоселевых устройств. Надо отметить, что работы по селевым явлениям носят в большинстве своем описательный характер разрушительного воздействия сели на народнохозяйственные объекты и населенные пункты.

### Теоретический анализ

В данной работе предпринята попытка затронуть качественную сторону физической сущности процесса зарождения,

генезиса сели и динамики селевых потоков, а также проанализировать работу нового устройства для защиты от паводковых вод и селевых потоков по изобретению автора данной статьи.

Рассмотрим физическую сущность процесса зарождения – генезиса сели. Все разнообразие природных условий возникновения селей может быть сведено к двум основным схемам. В первом случае механизм селеобразования – это простой смыв водой твердых частиц, во втором – смыву предшествует размыв водой этих частиц, освобождение их от связей с подстилающей поверхностью. Следовательно, для возможности вовлечения в поток находящейся на склоне твердой частицы гидродинамическая сила воды  $F_D$  должна превышать суммарное сопротивление, оказываемое этой частицей (скоплением частиц) и определяемое ее весом  $P$  углом наклона  $\alpha$  поверхности склона, на котором расположена частица, коэффициентом трения  $f$ , а также силой сцепления частицы  $C$  (скопления частиц) с вмещающей породой. Поэтому условие сдвига для частицы, находящейся в свободном состоянии на склоне выглядит так:  $F_D > P \cos \alpha \cdot f$ . А для частицы, связанной с вмещающим грунтом, условие сдвига будет выглядеть следующим образом:  $F_D > P \cos \alpha \cdot f + C$ . В обоих случаях достаточная для смыва гидродинамическая сила воды будет определяться высотой  $h$  слоя воды, стекающей по склону ее скоростью  $v$  в рассматриваемом сечении  $F_D = f(h, v)$ . Нередко к гидродинамической силе воды добавляется также динамическое воздействие смытого влекомого или взвешенного материала. Таким образом, для всего многообразия форм и механизмов, селеобразование по первой схеме может наступить при  $\sum F_D > \sum F_y$ , где  $F_D$ - внешняя сила, а  $F_y$ - удерживающая частицу сила.

Сущность механизма селеобразования по второй схеме заключается в том, что происходит оползание грунтовых блоков, осыпание обломочного материала, русловые береговые обрушения и др., вследствие нарушения условия равновесия при их переувлажнении, или же за счет факторов не связанных с переувлажнением. Механизм формирования селя по второй схеме состоит в переувлажнении блока грунта и увеличении внутреннего напряжения этого блока до величин больших предельного напряжения сдвига и выглядит следующим образом:  $\tau > \tau_0$ , где  $\tau_0$  - предельное напряжение сдвига,  $\tau$  - внутреннее напряжение переувлажненного блока.

### Результаты и их обсуждение

При изучении динамики селевых потоков в первую очередь необходимо выяснить каков состав селевой массы и определить относительное количество в ней твердого материала, степень вязкости селевого потока, скорость, характер его движения и величину транспортирующей способности. Селевой поток - это гетерогенная система, состоящая из двух основных фаз - твердого и жидкого. Формирование селевого потока - это взаимодействие этих двух фаз, взаимодействие особое, качественно отличающееся от взаимодействия воды и рыхлообломочных пород в обычном водном потоке. С физической точки зрения селевые потоки можно разделить на связанные и несвязные, подчеркивая этим реальное существование двух качественно различных сред. В несвязанном селевом потоке количество воды велико по отношению к количеству тонкодисперсионных грунтовых частиц и основная масса воды находится в свободном состоянии и является транспортирующей средой для твердой фазы потока.

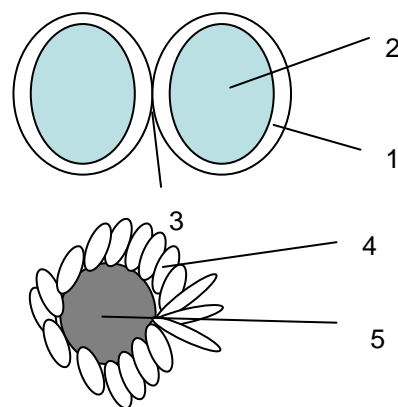


Рис.1. 1- связанная вода; 2- ядро глинистой частицы; 3- зона контакта двух частиц; 4- каркас из тонкодисперсных частиц; 5-защемленная вода

В связанном селевом потоке основная масса воды либо физически связана силами молекулярного притяжения с гидрофильными коллоидными или глинистыми частицами, окружая их в виде гидратных пленок, либо механически закреплена различными каркасными структурами внутри селевой массы. На рис.1 показаны образцы связанной воды. Подобно молекулам, ионам и макромолекулам растворенных веществ коллоидные частицы способны сорбционно связывать на своей поверхности молекулы

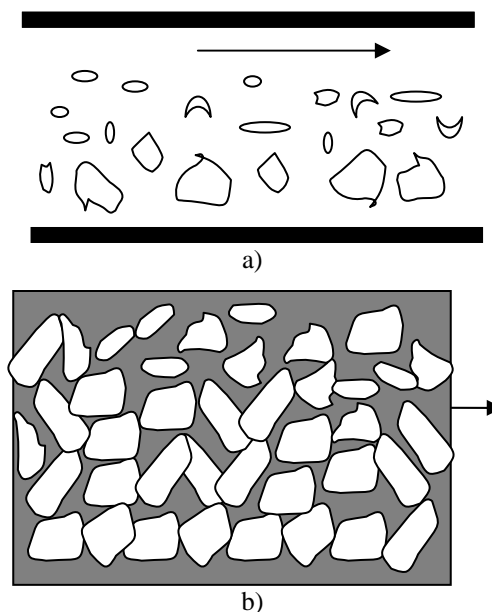


Рис.2. а) несвязный селевой поток; б) связанный каменно-грязевой поток.

воды. Образование многослойной оболочки, способность связывать воду характеризует гидрофильность и гидрофобность дисперсионных систем. На рис. 2 показано а) движение несвязного селевого потока и б) движение связного каменно-грязевого потока. Несвязные селевые потоки характеризуются резко выраженным турбулентным движением, при котором происходит постоянное соударение обломков и их истирание в процессе взаимодействия.

Турбулентность связных селевых потоков выражена значительно слабее, так как они обладают значительной вязкостью, нередко в сотни и тысячи раз превышающей вязкость воды. Этому состоянию отвечает резкое снижение текучести, так как текучесть-величина, обратная вязкости  $\phi=1/\eta$  и характеризует подвижность текучей среды. Связные селевые потоки могут течь как в ламинарном, так и в турбулентном режимах, но в основном превалирует режим ламинарного течения. Ламинарное течение это упорядоченный режим течения вязкой жидкости, характеризующийся отсутствием перемешивания между соседними слоями жидкости. С увеличением скорости в потоке создаются условия, при которых ламинарное течение перестает быть устойчивым и под влиянием случайных возмущений переходит в турбулентное. Наличие условий, при которых ламинарное течение перестает быть устойчивым, зависит от числа Рейнольдса  $Re=v \cdot l/\nu$ , где  $l$  и  $v$  характерные для данного течения размер и скорость,  $\nu=\mu/\rho$  кинетический коэффициент вязкости ( $\mu$ -динамический коэффициент вязкости,  $\rho$ -плотность жидкости). Из этого соотношения можно сделать вывод, что практически устойчивое ламинарное течение может иметь место при сравнительно медленном течении достаточно вязкой

селевой массы. Для каждого данного вида течения существует такое число  $Re_{кр.}$ , называемое нижним критическим числом Рейнольдса и при  $Re < Re_{кр.}$  ламинарное течение является устойчивым. Значения  $Re_{кр.}$  для различных течений определяются обычно экспериментально. Возникновение в дисперсных системах пространственных структур, образуемых сцеплением частиц или макромолекул, вызывает резкое увеличение вязкости, которая при этом в отличие от обычной, ньютоновской, называется структурной вязкостью. Структурная вязкость зависит от условия течения потока и такие аномалии вязкости могут быть вызваны ориентацией вытянутых макромолекул или коллоидных частиц в потоке. Эта структурная вязкость лишь доля вязкости дисперсионных систем, вызванная возникновением пространственных структур, которые являются следствием межмолекулярных взаимодействий между коллоидными частицами или макромолекулами. Наличие пространственных структур приводит к тому, что в таких системах вязкость  $\eta$  складывается из двух величин:  $\eta_N$ - истинной, ньютоновской вязкости и  $\eta_S$ - структурной вязкости, обусловленной добавочным сопротивлением течению потока со стороны структурной сетки. При достаточно высоких концентрациях дисперсной фазы структурная вязкость может быть очень велика по сравнению с  $\eta_N$ , т.е.  $\eta_S \gg \eta_N$ . В ряде случаев зависимость изменения вязкости может быть вызвана не только структурированием, но и изменением гидродинамического сопротивления потоку со стороны макромолекул за счет изменения их формы и расположения в потоке. Поэтому конструирование и проектирование селезащитных сооружений требует нового подхода по сравнению с сооружениями, взаимодействующими с селевыми потоками. Усиленное задержание

твердых фракций по пути следования селя, в результате чего происходит резкое уменьшение объема и расхода водной части потока, приводит к так называемому «осветлению» селя. Искусственное осветление селевого потока является одной из принципиальных возможностей инженерной защиты от селей и может найти широкое применение при проектировании селезащитных сооружений.

Практически решение вопросов селевой защиты народно-хозяйственных объектов и населенных пунктов остается до сих пор нерешенным и этим в настоящее время обусловлена актуальность, проводимых автором в этой области исследований, результатом которых явилось предлагаемое изобретение «Устройство для защиты от паводковых вод и селевых потоков», запатентованное за №I2008 0055 от 18.01.2007 года Государственным Комитетом Стандартизации, Метрологии и Патентов Азербайджанской Республики [14]. Это изобретение относится к гидротехническому строительству, а именно к противоселевым сооружениям и может быть использован для защиты народнохозяйственных объектов и населенных пунктов, нижерасположенных по селеносному руслу.

Задачей настоящего изобретения является максимальное задержание твердой фракции – крупной селевой массы, обладающей наибольшей разрушительной силой, что способствует эффективному гашению кинетической энергии селевого потока, повышению надежности и долговечности селезащитного сооружения в работе, что позволит использовать его многократно и безаварийно при прохождении селевых потоков любых мощностей вплоть до катастрофических в условиях неоднократного прохождения селей за короткое время. Указанная зада-

ча достигается тем, что селезащитное сооружение собрано из железобетонных блоков, расположенных ярусами с образованием сквозных отверстий-каналов в них. Наличие сквозных отверстий-каналов служит для пропуска паводковых вод и мелких наносов. Грани каждого яруса, направленные против селевого потока, выполнены в виде клинообразных выступов, образующих ступенчатый профиль пилообразной формы. Клинообразные выступы каждого яруса по отношению к другому расположены в шахматном порядке. Габариты сооружения и его конструктивные особенности выполнения выбираются в зависимости от характера, вида и мощности ожидаемого селевого потока и природно-топографических условий выбранного географического района строительства. Селезащитное сооружение возводят преимущественно в местах, где река из узкого каньона выходит в широкую пойму, способную аккумулировать выносы или при выходе на конусы выноса.

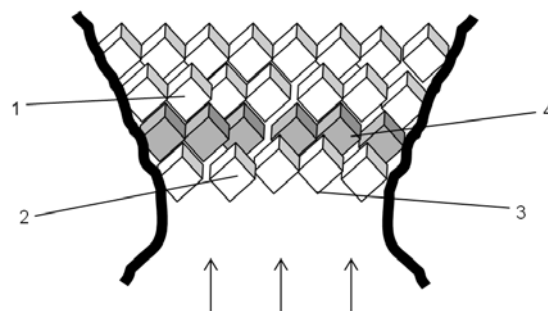


Рис.3. Схема нового устройства для защиты от паводковых вод и селевых потоков согласно изобретению автора статьи

При монтаже конструкции селезащитного сооружения железобетонные блоки устанавливают на фундамент поярусно. На рисунке 3 показан чертеж (фрагмент) представленного автором данной статьи к рассмотрению селезащитного сооружения [14]. Стрелками на рисунке показано направление селевого потока, волнистой линией обозначены предполага-

емые берега селеносной реки, отдельным цветом выделен один из ярусов. Селезащитное сооружение собирается из железобетонных блоков, имеющих клинообразные выступы. Монтаж конструкции сооружения производится поярусно. При прохождении селевого потока – масса селя – твердая составляющая, т.е. крупные включения–камни–оседают на нижних ступенях многоярусного сооружения, увеличивая тем самым его монолитность и устойчивость. В результате эксплуатации сооружения по мере затопления нижних ярусов легко можно наращивать верхние ярусы. Многоярусность ступенчатой конструкции, а также наличие зубьев клинообразных выступов, направленных навстречу селевому потоку и сквозных отверстий-каналов обеспечивает эффективное разделение селевого потока по фракциям, что приводит к окончательному гашению кинетической энергии потока. После прохождения селевого потока задержанный крупнообломочный материал, особенно камни, могут быть извлечены и использованы в качестве строительных материалов для местных нужд. Размеры селезащитного сооружения (количество ярусов, их высота, размеры блоков и т.д.) выбираются в зависимости от места расположения сооружения и природных топографических условий селеносной реки, а также с учетом прогнозов, основанных на многолетних изучениях таких параметров селевого потока и паводковых вод, как скорость подхода, расход, концентрация твердой составляющей и т.д., присутствующих данной местности.

### Заключение

Механизмы зарождения селевых потоков, первоначальный характер сдвижения твердого материала. А также динамика прохождения селевых потоков до настоящего времени изучены слабо, нес-

мотря на то, что этому вопросу уделялось достаточное внимание. Основной причиной медленного решения задач, связанных с изучением механизма формирования селевых потоков, является недостаточность экспериментальных исследований.

Попытки моделирования всего селевого потока в целом заслуживают внимания, однако, по всей вероятности, более плодотворным будет путь изучения механизма отдельных частей этого сложного процесса и в первую очередь механизма зарождения селевого потока с учетом особенностей состава и физико-механических свойств горных пород, причем основное внимание должно быть обращено на динамику селевого потока. Для решения всех этих проблем необходимы дальнейшие теоретические исследования, определяющие направления экспериментальных исследований, создание экспериментально-обоснованных моделей, объясняющих наблюдаемые в природе реальные селевые явления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Даниил Бернулли, Гидродинамика или записки о силах и движениях жидкостей, Изд-во Академии Наук СССР, 1959 г., 552 с.
2. Сергеев Е.М., Грунтоведение, Изд-во Московского Университета, 1971 г., 596 с.
3. Диксон Дж. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решения, Изд-во Мир, Москва, 1969 г., 440 с.
4. Капур К., Ламбертсон Л., Надежность и проектирование систем, Изд-во Мир, Москва, 1980 г., 604 с.
5. Джонс Дж.К., Инженерное и художественное конструирование: современные методы проектного анализа, Изд-во Мир, Москва, 1976 г., 374 с.
6. Хилл П. Наука и искусство проектирования, Изд-во Мир, Москва, 1973 г., 263 с.
7. Лойцянский Л.Г., Механика жидкости и газа, Изд-во Наука, Москва, 1970 г., 904 с.

8. Богомолов А.И., Михайлов К.А., Гидравлика, Строй. издат, Москва, 1972 г., 648 с.
9. Киселев П.Г., Справочник по гидравлическим расчетам, Гос.Энерг.Изд., Москва, 1950 г., 568 с.
10. Гидротехнические сооружения, Справочник проектировщика, Под ред. Проф. Недриги В. П., Строй. издат, Москва, 1983 г., 543 с.
11. Леви И.И., Динамика русловых потоков, Гос. Энерг. Изд., Москва, 1957 г., 252 с.
12. Гагошидзе М.С., Селевые явления и борьба с ними, Изд-во Сакартвело, Тбилиси, 1970 г., 385 с.
13. Замарин Е.А., Проектирование гидротехнических сооружений, Сельхозгиз, Москва, 1952 г., 291 с.
14. Таги-заде В.А., Устройство для защиты от паводковых вод и селевых потоков, Патент №I 2008 0055, Азербайджанская Республика, 2008 г.