

## ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛИВНЕВЫХ ОБЛАКОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

С.Г.Сафаров

*Министерство Экологии и Природных Ресурсов Азербайджанской Республики  
Национальный Департамент по Гидрометеорологии  
AZ 1154, Баку, просп. Г.Алиева, 50*

В данной работе по данным радиолокационных, метеорологических и гидрологических наблюдений за 2001-2005 гг. исследуется влияние характера распространения ливневых процессов на формирование селевых явлений. Показано, что большие уклоны местности, наличие рыхлообломочного материала в селевых очагах и выпадение обильных осадков являются необходимыми, но во многих случаях недостаточными условиями для формирования мощных селевых потоков. Установлено, что на селеобразование существенно влияет характер перемещения ливневых очагов относительно ориентации бассейнов рек и направления их течения. Выдвинуто предположение, что в случае перемещения ливневого очага снизу вверх по бассейну, против течения реки, создаются благоприятные условия для формирования потока в селевых очагах и его усиления за счет лавинного вовлечения твердого материала в общий поток в средней (транзитной) части бассейна реки. Показано, что учет характера перемещения ливневых облаков относительно ориентации бассейна и направления течения реки может заметно увеличить оправдываемость радиолокационного прогнозирования селевых явлений.

Селевые потоки являются наиболее опасным проявлением водной эрозии в горных условиях. Вредному воздействию селевых потоков подвергаются сельскохозяйственные объекты, промышленные предприятия, железные и автомобильные дороги и дорожные сооружения, здравницы и населенные пункты.

Селевые потоки делятся на две категории: связанные (структурные) и текущие (турбулентные). Структурные селевые потоки формируются при определенном сочетании метеорологических, геологических и геоморфологических условий. Они обладают большим объемным весом (Рустамов, 1962). Наличие в селевой массе большого количества крупных камней, взвешенных в ней особой поддерживающей силой, обусловленной коллоидальной природой грязевой составляющей селя, придает потоку громадную разрушительную силу.

Турбулентные селевые потоки, транспортирующая способность которых обуславливается водной средой, вмещаются в живое сечение русла, обладают также значительной разрушительной силой, донося до конусов выноса твердый материал в меньшем количестве, чем структурные селевые потоки (Рустамов, 1962). В отличие от структурного не-

структурный поток представляет собой как бы разжиженную массу, где грязевая составляющая в большинстве случаев достигает 20-30% объема паводка и находится в механически перемещенном состоянии.

На территории Азербайджана селевые явления возникают в основном в результате выпадения ливня. Если на склонах гор и долин не накапливается в достаточном количестве рыхлого и размельченного материала, то не каждый сильный ливень обуславливает формирование селя. Следовательно, для образования селя, кроме интенсивных ливней, необходимо наличие подготовленного к выходу селевого материала. Накопление рыхлого материала происходит в процессе активного выветривания горных пород, обвалов, оползней, осыпей, эродирующей деятельности воды и тектонических явлений (Рустамов, 1962).

В общем, среди физико-географических, геолого-геоморфологических и гидрометеорологических факторов, обуславливающих формирование селевых потоков, выделяют три основных необходимых условия (Сванидзе, Цуцкиридзе, 1983):

- наличие крутых уклонов русел и склонов бассейна;
- наличие в руслах и на склонах бассейна в его эрозионных врезах рыхлых, легко раз-

мываемых или теряющих устойчивость при увлажнении горных пород;

- наличие достаточного количества воды для обеспечения возможности перемещения по склонам и руслам рыхлообломочного материала.

Однако комплексный анализ данных гидрологических, метеорологических и радиолокационных наблюдений, связанных с селевыми явлениями, показывает, что в большинстве случаев вышеизложенные условия являются необходимыми, но недостаточными для формирования мощных селевых потоков. К примеру, за июль 2004 г. на большинстве территории южного склона Большого Кавказа осадки выпадали больше нормы. В ночь с 26 на 27 июля на р. Шинчай прошел мощный грязекаменный сель. По радиолокационным и наземным данным количество осадков, выпавших на территории верхней и средней части бассейна, не превышало 20 мм, хотя в ночь с 10 на 11 и с 20 на 21 июля выпало более 30 мм осадков, и при этом селевые потоки не наблюдались. Тот факт, что 27 июля на Шинчае прошел мощный сель, свидетельствует о том, что к этому времени в селевых очагах его бассейна накопилось достаточное количество рыхлообломочного материала. Тогда возникает вопрос: почему 11 или же 21 июля селевые потоки не формировались? Ведь в этих двух случаях количество осадков, выпавших на селевых очагах, было больше, чем 27 июля.

В отдельные годы за относительно короткий промежуток времени в русле одной и той же реки наблюдались 2 мощных селевых потока. По данным (Рустамов, 1962) в июле и августе 1910 г. на Шинчае прошли два катастрофических селевых потока, в результате которых снесено с лица земли с. Баш-Гейнюк со всем населением. В июне и июле 1992 г. на Кишчае в течение 20 дней прошли два мощных разрушительных селевых потока. В подобных случаях весьма сложно объяснить механизм восстановления необходимого количества рыхлообломочного материала для второго случая селя за довольно короткий промежуток времени.

В пределах конкретного физико-географического района обычно за один день мощный селевой поток, как правило, возникает в бассейне одной реки или в одном из ее

притоков. Однако иногда, но довольно редко, в бассейнах нескольких рек одновременно наблюдались очень мощные сели. К примеру, 20 августа 1931 г. на большинстве горных рек Нахчыванской АР, особенно на территории Ордубадского района, прошли сверхмощные селевые потоки, которые привели к большим разрушениям, многочисленной гибели домашних животных и людей (Рустамов, 1962). Эти факты свидетельствуют о том, что при определенных благоприятных условиях интенсивные и продолжительные осадки могут компенсировать отсутствие достаточного количества рыхлообломочного материала и вызывать мощные селевые потоки.

Как известно, даже в самых селеопасных регионах наиболее разрушительные сели обычно наблюдаются относительно редко, хотя каждый год, особенно в летнее время, происходит процесс интенсивного накопления рыхлообломочного материала в местах расположения селевых очагов. Кроме этого, по данным метеорологических и радиолокационных наблюдений выпадение обильных ливневых осадков в селевых очагах не является редкостью. Однако, как уже изложено выше, не каждый сильный ливень приводит к формированию мощных селевых потоков. Таким образом, на формирование мощных селей, кроме уже упомянутых выше известных условий, влияют дополнительные факторы, способствующие иногда его усилению, или же ослаблению. Незнание этих факторов приводит к неоднозначности при анализе селевых явлений, затрудняет создание объективных моделей их формирования и не позволяет разработать надежные методы их прогноза.

Поэтому целью данной работы является наряду с уже известными условиями выявление дополнительных факторов, влияющих на формирование селевых потоков.

С этой целью проведен комплексный анализ данных метеорологических, гидрологических и радиолокационных наблюдений, связанных с паводками и селевыми явлениями. В качестве территории исследования выбран южный склон Большого Кавказа, который является наиболее селеопасным районом Азербайджана. Радиолокационные наблюдения за облаками и осадками проводились на Акстафинском полигоне по активному воз-

действию на атмосферные процессы в радиусе 250 км с помощью автоматизированной системы управления (АСУ-МРЛ), созданной на базе метеорадиолокатора МРЛ-5, с применением современного программно-технического комплекса. Эта система позволяет в реальном масштабе времени в любой точке пространства оперативно измерить интенсивность, количество и другие характеристики выпадающих осадков, также обеспечивает получение наиболее полных данных о наличии, местоположении, направлении и скорости смещения ливневых очагов. Значения количества осадков, измеренные с помощью АСУ-МРЛ, были сопоставлены с соответствующими данными наземных пунктов наблюдений. Информация о фактическом наличии паводков и селевых потоков взята из материалов наблюдений соответствующих гидрологических пунктов.

Сведения о селях, отмеченных за период 2001-2005 гг. на различных реках южного склона Большого Кавказа, даны в таблице. Несмотря на то, что ливневые паводки в данном регионе встречаются довольно часто, как видно из таблицы, за указанный период селевые потоки наблюдались всего 6 раз. Анализ точечных значений количества и интенсивности осадков, отмеченных наземными пунктами наблюдений при паводках и селевых потоках, показал, что между ними четкой границы не существует.

В этих исследованиях основное внимание было уделено характеру перемещения

ливневых очагов относительно ориентации бассейнов и направления течения рек.

Большой интерес вызывает тот факт, что фактически все отмеченные случаи с селевыми потоками наблюдались тогда, когда ливневые облака перемещались ориентировочно в направлении против течения реки, в сторону горного хребта, т.е. в юго-западном направлении. Как известно, на южном склоне Большого Кавказа, как и на территории всего Закавказья, наиболее селеопасные реки расположены на южных и юго-западных склонах Большого и Малого Кавказа (Сванидзе, Цуцкиридзе, 1983), и они в своей верхней и средней части преимущественно протекают с северо-востока на юго-запад.

Чтобы объяснить зависимость интенсивности селеобразования от взаимной ориентации направления перемещения ливневых очагов и направления течения рек, рассмотрим различные ситуации:

При перемещении мощных ливневых облаков поперек бассейна водосбора рек (направление перемещения ливневого очага значительно отличается от ЮЗ), когда большая часть осадков выпадала за пределами селеопасного русла, серьезные сели не формировались, даже в случае, когда слой осадков в отдельных точках превышал критические для селя значения. В таких случаях, даже если потоки образовывались в пределах селевого очага, то обычно они не могли выходить в русло основной реки.

Сведения о селевых потоках на южном склоне Большого Кавказа за 2001-2005 гг.

Дата	$Q_{\max}$ , мм	♀	Название реки	Явление
20.07.2003	38	ЮЗ	Балакенчай, Катехчай Мазымчай	Сель со значительным ущербом
10.07.2004	72	СЗ	Мазымчай, Балакенчай	Слабый сель, паводок
11.07.2004	22,3	ЮЗ	Талачай, Карачай	Сель и паводок с ущербом
27.07.2004	20	ЮЗ	Шинчай	Грязекаменный сель со значительным ущербом
07.09.2004	31,4	*	Талачай	Слабый сель, паводок
06.06.2005	20	ЮЗ	Шинчай	Грязевой сель

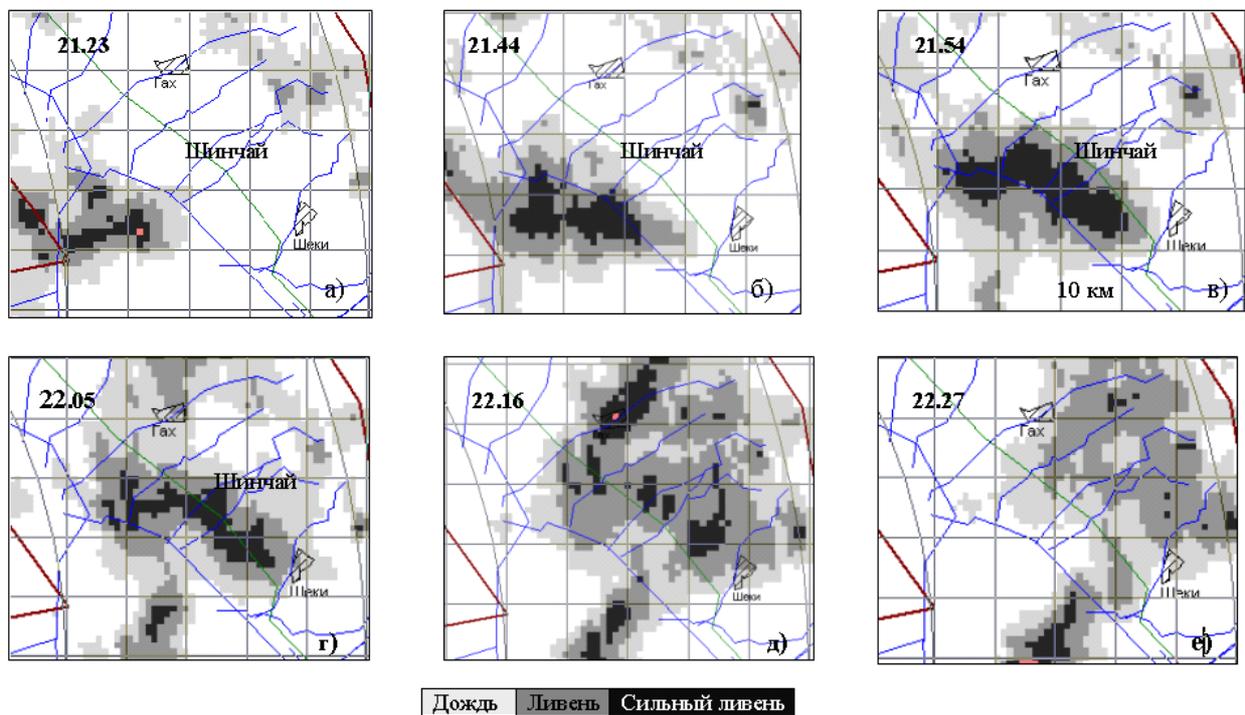
$Q_{\max}$  - максимальное количество осадков, отмеченное в селевых очагах;

♀ - направление перемещения ливневых очагов;

\* - данных нет.

В случаях, когда ливневый очаг перемещался против течения реки, с одной стороны, в результате вынужденного подъема воздуха по склонам, процесс осадкообразования усиливался (рис. а, б, в, г). В условиях южного склона Большого Кавказа, когда скорость перемещения ливневых очагов относительно невелика, с приближением к горному хребту дующие в обратном направлении горнодолинные ветры значительно замедляют скорость их перемещения и приводят к быстрому их обрушению на верхние части бассейнов рек (рис. д, е). Интенсивные осадки на селевых очагах и выше создают благоприятные условия для развития селеформирующих процессов. С другой стороны, в результате перемещения зоны осадков по бассейну реки снизу вверх интенсивные осадки приводят к сильному увлажнению почвы и различных горных пород в нижней и средней части бассейна реки, ослабляя их прочность и равновесие с водой. Средняя часть бассейна пред-

ставляет область, в которой происходит как движение потока, так и дополнительное подпитывание селя за счет осыпающихся и разрушаемых склонов долин. Таким образом, взаимодействие водного потока с рыхлообломочным материалом в верхней части бассейна, приводит к лавинному вовлечению твердого материала в поток и существенному (многократному) увеличению его расходных характеристик и плотности в его средней части. Кроме того, перемещение ливневых очагов, таким образом, обеспечивает полный охват всего или же значительной части бассейна реки интенсивными осадками и приводит к формированию селевых потоков одновременно в нескольких селевых очагах. Как известно, наиболее сильные сели возникают, как правило, благодаря формированию селевых потоков одновременно в нескольких селевых очагах, стекающих в основное русло реки (Сванидзе, Цуцкиридзе, 1983).



Характер развития и распространения ливневого процесса 26 июля 2004 года, приведшего к мощному селевому потоку на р. Шинчай

Наблюдались случаи, когда сформировавшийся над высокими склонами ливневый очаг перемещался в направлении течения реки. В таком случае в зависимости от значения скорости перемещения ливневых очагов сформировавшийся селевой поток или затухает и разлагается (скорость небольшая), или же интенсивные осадки, догоняя селевой поток, разбавляют его коллоидальный состав, увеличивая его турбулентность (скорость большая). При увеличении турбулентности процесс лавинного вовлечения твердого материала в общий поток ослабляется. Следовательно, со временем структурный селевой поток превращается в турбулентный, а в дальнейшем – в обыкновенный паводок.

Таким образом, сравнение перечисленных выше ситуаций показывает, что для формирования мощных селевых потоков наиболее благоприятная обстановка создается тогда, когда ливневые очаги перемещаются против направления течения реки, в сторону горного хребта. В таких случаях образуется особая форма распределения количества осадков по бассейну реки, которая обуславливает формирование потока на селевых очагах и его развитие в средней части русла реки (Сафаров, Султанов, 2005).

Необходимо отметить, что выявленный новый фактор одновременно позволяет объяснить причину наибольшей селеопасности отдельных регионов Азербайджана и вообще всего Закавказья. Как известно, наиболее селеопасными районами Азербайджана являются южный склон Большого Кавказа и юго-восточные склоны Малого Кавказа (в пределах Нахчыванской АР). Общей чертой, объединяющей большинство горных рек этих регионов, является то, что все они в верхней и средней части своего русла протекают с севера-востока на юго-запад. С другой стороны, по данным радиолокационных наблюдений на территории Азербайджана наиболее часто повторяющиеся направления перемещения грозовых и ливневых облаков находятся в секторе от юга до северо-запада (Сафаров, 2005). В условиях южного склона Большого Кавказа, где горно-долинная циркуляция наиболее ярко выражена и интенсивные осадки выпадают в основном в вечернее время, дую-

щие от долины в сторону гор ветры усиливают юго-западную составляющую результирующего ветра и соответственно вектора скорости перемещения ливневых очагов. По этой причине на южном склоне Большого Кавказа вероятность перемещения ливневых очагов против направления течения реки значительно больше, чем в других регионах республики. Наряду с этим сильные юго-западные ветры усиливают процесс интенсивного выветривания горных пород южного склона. Можно предполагать, что изложенные выше факторы действуют и в других наиболее селеопасных районах Закавказья, в том числе в юго-западной части Малого Кавказа.

### Выводы

На основании исследований селевых явлений и ливневых процессов, проводимых по данным метеорологических, гидрологических и радиолокационных наблюдений за 2001-2005 гг., можно сделать следующие выводы:

- Большие уклоны местности, наличие рыхло-обломочного материала в селевых очагах и обильные осадки являются необходимыми, но во многих случаях недостаточными условиями для формирования мощных селевых потоков.
- На селеобразование существенно влияет характер перемещения ливневых очагов относительно ориентации бассейна рек и направления их течения.
- В случае перемещения ливневого очага снизу вверх по бассейну, против течения реки, создаются благоприятные условия для формирования селя и его усиления за счет лавинного вовлечения твердого материала средней (транзитной) части бассейна реки в общий поток.
- Селеопасность горных регионов непосредственно связана с повторяемостью ливневых процессов, перемещающихся против течения рек в сторону горных хребтов.
- Учет характера перемещения ливневых облаков относительно ориентации бассейна и направления течения реки может открыть новые возможности при радиолокационном прогнозировании селевых явлений.

## ЛИТЕРАТУРА

- РУСТАМОВ, С.Г. 1962. Селевые явления в Азербайджане и их гидрологическая природа. Материалы V Всесоюзн. совещ. по изучению сел. потоков и меры борьбы с ними. Баку.
- САФАРОВ, С.Г. 2005. Особенности грозоградовых процессов на территории Азербайджана. *Известия НАН Азербайджана. Науки о Земле*, 1, 101-109.
- САФАРОВ, С.Г., СУЛТАНОВ, Э.Т. 2005. Катастрофические сели на южном склоне Большого Кавказа и пути их прогнозирования. *Şəki-Zaqatala bölgəsinin təbii dağdıcı hadisələri və regional inkişafın ekocoğrafi problemləri elmi-praktik konfransı. Şəki*, 34-38.
- СВАНИДЗЕ, Г.Г., ЦУЦКИРИДЗЕ, Я.И. (под ред.). 1983. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Гидрометеоиздат, Ленинград, 263.

*Рецензент: академик Б.А.Будагов*