

ОПЫТ ОЦЕНКИ РОЛИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ ПРИ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ГОРАХ

В настоящее время широко распространены исследования современных экзогенных процессов на небольших полигонах-стационарах в различных природных зонах. Среди них выделяют постоянные стационары-станции, на которых одновременно с наблюдениями за процессами фиксируется и режим некоторых природных факторов, в связи с чем изменения в механизме процессов четко коррелируются с ними, и временные стационары, получившие наиболее широкое развитие [1]. На временных стационарах наблюдения обычно проводятся с разной периодичностью с помощью временно монтируемой аппаратуры или полевыми экспедиционными методами. Как правило, специальных наблюдений за режимом факторов при этом не ведется, а для выяснения причин изменения исследуемых объектов используются данные о них, получаемые от постоянных служб (гидрометеорологической, сейсмической и др.). Отличие временных стационаров заключается еще и в том, что требуется особый подход к обработке их данных. Отсутствие специальной методики представляет одну из трудностей, не позволяющих в достаточной степени оценивать результаты исследований, по которым накоплен обширный банк данных в основном при изучении отдельных процессов. При этом по получаемым отдельным параметрам обычно нелегко судить об интенсивности процессов — являются ли они средними для данного района, повышенными по сравнению с ними или относятся к экстремальным. Не всегда понятно, за счет каких факторов произошли существенные изменения в механизме процесса в тот или иной момент.

Цель статьи — показать на примере стационарных исследований подобного типа, проводимых в горном регионе, в какой степени данные об атмосферных осадках, получаемых на станциях метеосети, могут быть использованы при оценке их роли в механизме комплекса экзогенных процессов:

Стационарные исследования, начатые в 1963 г. по инициативе проф. Н. И. Маккавеева, ведутся на Черноморском побережье Западной Грузии. Их цель — изучение комплекса экзогенных процессов, участвующих в поступлении и транспорте обломочного материала в разных звеньях гидросети и формировании влекомых наносов горных рек. Объекты наблюдения расположены в приморской полосе между пос. Гантиади и устьем р. Бзыбь и захватывают нижние части склонов Гагрского хребта.

Основными источниками образования обломочного материала здесь являются гравитационные склоны, площади которых велики. Кроме того, материал поступает из малых эрозионных форм, образуемых эпизодически возникающими временными водотоками, густая сеть которых дренирует горные склоны. Поступающий из них обломочный материал составляет одну из значительных статей баланса наносов горной реки. При проводимых стационарных исследованиях изучаются особенности механизма развития обоих источников обломочного материала. Так, динамика гравитационных склонов изучается на примере одной из склоновых осыпей. Особенности накопления обломочного материала во временных водотоках прослеживаются по комплексу созданных ими форм, включающих горные промоину, овраг, балку и малую реку. Одновременно проводятся наблюдения за русловыми формами в нижнем течении р. Бзыбь, поскольку их динамика косвенно отражает изменения в формировании обломочного материала и его транспортировке по склонам и малым эрозионным формам в бассейне крупных рек.

Подробное описание стационаров дано в ряде публикаций [2—4]. Отметим только, что фиксация изменений на объектах проводится ежегодно путем повтор-

ной фототеодолитной съемки. Стереофотограмметрическая обработка снимков обеспечивает получение количественных данных, позволяющих проследить динамику исследуемых форм. К настоящему времени ряд наблюдений составляет почти 30 лет.

Поскольку район исследования расположен в зоне влажных субтропиков в пределах сейсмически активной территории, к числу основных факторов рельефообразования наряду с сейсмическим принадлежат и атмосферные осадки, годовая сумма которых здесь велика, а режим их выпадения характеризуется большой сложностью. В связи с этим одной из задач стало выявление возможности использования данных об осадках, получаемых на близрасположенных станциях метеосети, для оценки их роли в механизме изучаемых процессов.

Известно, что количество осадков и режим их выпадения в горных районах помимо общих особенностей циркуляции атмосферы во многом зависят от локальных факторов. В связи с этим оценка роли тех и других в рельефообразовании горных регионов, учитывая к тому же редкую сеть метеостанций и местами их отсутствие на значительных площадях, — задача далеко не простая. Кроме того, даже для стационаров, расположенных на равнинах, не всегда можно решить, в какой степени могут быть использованы для этих целей данные метеосети, пункты которой удалены на значительные расстояния от объектов стационарных наблюдений. Особенно это касается оценки роли ливней, которые в районе исследований составляют значительный процент от общей суммы осадков. С ливнями в основном связана деятельность временных водотоков в бассейне горной реки, эпизодически возникающих в низких звеньях гидросети. Непосредственных наблюдений за стоком на этих водотоках не проводится. В то же время их густая сеть определяет жидкий и твердый сток в бассейнах крупных рек.

При стационарных исследованиях с большими интервалами между наблюдениями для определения роли осадков как фактора рельефообразования необходимо было найти хотя бы косвенные критерии. Обычно для такой цели привлекаются данные о сумме осадков за годовые интервалы или те параметры ливневой деятельности, которые способствуют развитию экстремальных явлений. Такой прием оправдывается, если стационарные наблюдения посвящаются изучению одного процесса. В случае исследования комплекса процессов время действия каждого из них, как правило, несинхронно, даже если на территории имеются условия, способствующие их проявлению. Дело в том, что соответствующая реакция того или иного процесса на воздействие фактора не всегда может быть реализована, особенно при отсутствии подготовленного к этому моменту рыхлого материала. Последнее зависит от интенсивности развития процесса в промежутке времени, предшествующем наблюдению, от размера форм, им создаваемых и т. п.

Наши исследования были направлены на оценку роли осадков, их количества и режима выпадения с точки зрения подготовки ими условий для развития как отдельных процессов, так и их комплекса с учетом их изменчивости во времени и на значительном пространстве бассейна горной реки. С этих позиций анализ атмосферных осадков проводился по выработанной нами методике, включавшей: 1) определение положения периода стационарных наблюдений относительно хода многолетних циклических изменений увлажнения; 2) изучение региональных особенностей режима увлажнения (типы осадков, средние многолетние параметры осадков, экстремумы и их повторяемость и т. п.); 3) типизацию периодов наблюдения (с годовым интервалом) по увлажнению с учетом в первую очередь параметров осадков, потенциально стокообразующих; 4) выявление синхронности и асинхронности действия дождей в периоды с различным типом увлажнения для вертикальных природных зон в разные временные интервалы (сутки, год, фазу цикличности увлажнения).

Одновременно с анализом режима выпадения осадков изучалась динамика каждого из исследуемых процессов. Получаемые данные служили контролем предполагаемой прогнозной роли параметров увлажнения. Основой для этого являлись данные стереофотограмметрической обработки разновременных фото-

теодолитных съемок объектов, позволяющие судить об изменениях, происходящих на них за год. По каждому объекту наблюдений устанавливались диагностические признаки отдельных параметров, реагирующие на изменение количества и режима осадков. К числу таких основных параметров на осыпи относятся: ежегодные скорости отступления уступа, изменение мощности слоя аккумуляции обломков, поступающих с него на осыпь, изменение на ее поверхности площадей, занятых обломками разной крупности и т. п. По малым эрозионным формам устанавливалось изменение их продольного профиля, гранулометрического состава обломков, лежащих на поверхности аллювия, фиксировалось смещение маркированных обломков. Определялся объем их конуса выноса. В качестве признаков динамики русловых форм использовались величины вертикальных и горизонтальных деформаций их поверхности, изменения гранулометрического состава отмостки и аллювиальной толщи под ней, баланса наносов и т. п.

Анализ изменений указанных параметров за каждый годовой интервал наблюдений в сопоставлении с данными об осадках позволяет оценивать их роль. Учитывая расположение полигонов наблюдений в разных звеньях гидросети и вертикальную поясность, можно судить о механизме отдельных процессов и их комплекса за каждый временной интервал.

Для исследования режима выпадения атмосферных осадков использовали данные метеостанций «Гагра» и «Гагрский хребет», расположенных соответственно на абс. высотах 8 и 1644 м. Среднегодовая сумма осадков соответственно равна 1340 и 1831 мм. Условно было принято, что данные метеостанции «Гагра» характеризуют приморскую зону, представленную здесь небольшим участком низкогогорья, включающим нижние части склонов гор, и приморской низменностью. Данные об атмосферных осадках метеостанции «Гагрский хребет» показательны для горной зоны, точнее, ее среднегорья. В диапазоне высот расположения метеостанций находятся исследуемые осыпь и бассейны временных водотоков. Метеостанции удалены от стационарных участков на расстояние от 5 (осыпь) до 15—20 км (временные водотоки и русловые стационары). В этом высотном поясе (от уровня моря до абс. отметок 1600—1800 м) развита густая сеть временных и постоянных водотоков, дренирующих южный склон Гагрского хребта и впадающих в море. Таким образом, результаты стационарных исследований дают представление о механизме процессов в бассейнах горных рек, расположенных в этих вертикальных зонах.

Аналізу ролі осадков предшествовало определение их среднесезонных характеристик, которые рассчитывались по данным наблюдений станций метеослужбы, начатых здесь с 1939 г. Так как съемка проводилась, как правило, в сентябре, то для определения суммы осадков за каждый период наблюдений они пересчитывались за отрезок времени с сентября одного года по сентябрь следующего.

В начале исследований важно было установить положение этапа стационарных наблюдений в ряду многолетних циклических изменений годовых сумм осадков. С этой целью по данным указанных выше метеостанций за 50-летний интервал времени были построены нормированные разностные интегральные кривые модульных коэффициентов годовых сумм осадков. Оказалось, что время проведения стационарных наблюдений (1963—1990 гг.) находится на нисходящей ветви кривой. В ходе кривых отмечаются два отрезка, соответствующих разным фазам увлажнения: с пониженными (1963—1975 гг.) и повышенными (1976—1990 гг.) годовыми суммами осадков. Обе кривые (по данным метеостанций «Гагра» и «Гагрский хребет») отражают общую тенденцию изменения увлажнения за исследуемый отрезок времени; они идут в основном параллельно, но в отдельные интервалы их форма не идентична. Так, если в горах в течение нескольких лет отмечалась тенденция к увеличению годовых сумм осадков, в приморской зоне в это время они оказывались относительно пониженными. Иными словами, в горной

части бассейна в это время воздействие атмосферных осадков проявлялось более активно, чем в приморской зоне.

При исследовании региональных особенностей увлажнения основное внимание уделялось его режиму. При этом использовались данные о среднегодовых, месячных и суточных суммах осадков. Анализировались данные метеостанций по ряду параметров увлажнения, из них отбирались те, которые по существующим представлениям имеют решающее значение в стокообразовании. Устанавливались их пороговые величины и вероятность их проявления в разные интервалы времени (сутки, месяц, год). Отдельно для горной и приморской зон выявлялась структура осадков (ливневые, неливневые). При их подразделении учитывалось, что ливневыми принято считать дожди, за которые выпадает 30 мм и более осадков в сутки. Особое внимание уделялось именно ливневым осадкам, среди которых главное место отводилось катастрофическим ливням (с суммой осадков в 100 мм и более в сутки) и ливням с высокой интенсивностью ($> 1,6$ мм/мин). Необходимо также было выявить условия, предшествующие выпадению ливней и дающие представление о влагонасыщенности поверхности перед их прохождением. Такой анализ проводился по каждому году 27-летнего ряда стационарных наблюдений. Первичные результаты этих исследований опубликованы в статье А. А. Самойловой, где рассматриваются некоторые особенности режима выпадения осадков в районе стационарных работ [5].

По данным проведенного анализа удалось разработать типизацию годовых периодов стационарных наблюдений по условиям увлажнения. При выделении типов учитывались общая сумма осадков, ее отклонение от среднемноголетней нормы, количество дождей и ливней и т. п. Поскольку наблюдения проводились с достаточно большим интервалом (год), трудно судить о причинах динамики исследуемых объектов только по годовым суммам осадков, особенно в отношении малых эрозионных форм. Цель типизации сводилась к получению прогнозной оценки роли осадков в развитии изучаемых процессов в каждом годовом периоде наблюдений с учетом не только средних показателей увлажнения, но и режима выпадения осадков. Поэтому принимали во внимание повторяемость дождей и ливней, их количество (по сравнению со средними значениями). Учитывались ливни 1, 5 и 10%-ной обеспеченности. В результате выделены три типа увлажнения: I — нормального, близкого к среднемноголетнему, II — повышенного и III — пониженного. Типы увлажнения в зависимости от числа дождей и ливней подразделялись на подтипы. Затем в зависимости от показателей увлажнения каждого годового периода стационарных наблюдений устанавливалась его принадлежность к тому или иному типу. Среди них удалось выделить те, в которых осадки либо способствуют активизации изучаемых процессов, либо условия увлажнения были таковы, что процессы проявляются слабо. Из выделенных типов наиболее потенциально опасны условия увлажнения II типа, где его показатели имеют значительные отклонения в сторону увеличения и могут достигать пороговых значений, приводящих к катастрофическим явлениям.

Для оценки потенциальной роли обильных осадков, в том числе и ливней, в образовании стока и механизме флювиальных процессов необходимо было проследить режим их выпадения с учетом вертикальной зональности в бассейне горной реки. С этой целью устанавливалась синхронность и асинхронность проявления отдельных параметров осадков и типов увлажнения по горной и приморской зонам. Установлено, что коэффициент корреляции между числом дней с ливнями, зафиксированными одновременно в одни и те же дни в горах и приморской зоне, довольно высок ($r = 0,75$), тогда как при обратном сравнении (приморская зона — горная зона) он имеет меньшее значение. Иными словами, режим осадков в приморской зоне во многом определяется метеобстановкой в горах.

Ливни по суточным суммам осадков подразделялись на три градации: 30—60 мм; 60—100 мм; > 100 мм. К последней относятся катастрофические ливни. Преобладают в горах и приморье осадки первой градации, дождей второй градации оказалось на порядок меньше, а третьей — единичные случаи. Режим выпадения

ливней указанных градаций в каждой из зон представляет собой довольно сложную картину. В целом можно отметить, что в приморской зоне ведущая роль принадлежит дождям второй и третьей градаций, причем максимальное их число отмечается при нормальном типе увлажнения, а при пониженном и повышенном — уменьшается. В горах большую роль играют ливни первой градации в годы с нормальным и пониженным увлажнением. Доля дождей второй градации возрастает при повышенном и пониженном типах увлажнения, а с нею и их роль в проявлении флювиальных процессов в бассейнах рек. В условиях пониженного увлажнения такие дожди отмечались в 2 раза чаще в приморье, чем в горах.

Катастрофические ливни, отнесенные нами к третьей градации, в обеих зонах отмечены в равном (единичном) числе случаев, синхронно выпадая в горах и приморской зоне, но в периоды повышенного увлажнения в горах иногда наблюдалось на 1—2 случая больше.

Анализ структуры осадков и их режима по типам увлажнения позволяет оценить роль осадков в развитии гравитационных и флювиальных процессов, определяющих образование обломочного материала и его поступление в реки. Так, в годы повышенного увлажнения наряду с увеличением среднегодовых сумм осадков возрастает максимальное число дней с ливнями, прошедшими не только после серии неливневых осадков, что способствует образованию стока, но и после засухи. Отмечается и увеличение максимального процента ливневых осадков до 40—41% от общей суммы осадков (средний процент — 31—33%).

Для лет с пониженным увлажнением, характеризующихся уменьшением годовых сумм осадков по сравнению с нормальным увлажнением, по обеим зонам отмечается увеличение продолжительности времени без осадков (полмесяца и более), в течение которого происходит разрушение пород процессами выветривания, т. е. образование рыхлообломочного материала.

Оценка стокообразующей роли ливней в периоды с разным типом увлажнения с учетом режима их выпадения дает возможность установить ареал распространения ливней в бассейне. Размер этих ареалов является косвенным показателем включения во флювиальную деятельность в течение каждого периода наблюдения сети временных водотоков, функционирующих в виде отдельных очагов по всему бассейну реки. Достаточно различны условия, предопределяющие развитие флювиальных процессов, в том числе и катастрофических, по вертикальным зонам. Хотя соотношение количества дождевых и ливневых осадков для обеих зон одинаково (ливневые осадки в каждой зоне составляют треть от общей суммы), среднегодовая сумма осадков в горах почти на 500 мм больше, чем в приморской зоне. Установлено, что такое увеличение среднегодовой суммы осадков в горной зоне связано с большей повторяемостью здесь ливней 1%-ной обеспеченности, большей годовой суммой неливневых осадков. Следует добавить, что в периоды повышенного увлажнения здесь чаще отмечаются катастрофические ливни (при редкой повторяемости их по району в целом), и в 2 раза чаще, чем в приморской зоне, наблюдаются ливни также и в периоды пониженного увлажнения, т. е. здесь возрастают величины именно тех параметров осадков, которые способствуют более интенсивному стокообразованию. И хотя за почти 30-летний этап стационарных наблюдений в горах преобладали годы с типом пониженного увлажнения, структура и режим осадков, а также большие уклоны поверхности свидетельствуют, что условия здесь остаются почти всегда благоприятными для создания малых эрозионных форм и транспорта наносов по ним.

Судя по результатам наблюдений за изменением механизма формирования гравитационных склонов и форм временных водотоков [4, 6], образование и транспорт обломочного материала протекают различно в зависимости от типа увлажнения. Так, на осыпях в годы с пониженным типом увлажнения хотя и возрастают сыпучесть обломочного материала и поступление мелкозема, увеличение мощности шлейфа сравнительно небольшое. В случае отсутствия сильных землетрясений вероятность обрушения крупных блоков пород с обнаженных крутых уступов невелика. По малым эрозионным формам в периоды

пониженного увлажнения редко функционируют временные водотоки, вынос из них обломочного материала в нижерасположенные звенья незначителен, происходит только локальное перемещение отдельных обломков.

В годы повышенного увлажнения на осыпи чаще наблюдаются крупные обвалы, особенно при усилении сейсмической активности. Интенсифицируется скорость движения обломков в поверхностном слое осыпных склонов. В случае связи осыпей с руслом реки увеличивается вероятность подпитки речных наносов обломочным материалом из осыпей.

Неравномерность выпадения осадков по площади бассейнов рек, расположенных в горной зоне, при повышенной повторяемости интенсивных и обильных ливней способствует эпизодическому транспорту обломочного материала по низким звеньям гидросети во внутренних частях их бассейнов. Формирование обломочного материала происходит под действием физического выветривания скальных пород, обнажающихся на склонах и в расщелинах, усиливающегося в результате сезонных колебаний температуры подстилающей поверхности. В горах в течение трех месяцев лежит снег, что, с одной стороны, приводит к временной консервации поверхности, с другой — способствует образованию талого стока, т. е. еще одного эрозионного фактора.

В приморской зоне, при годовой сумме осадков почти на 20% меньшей, чем в горной, отмечается и уменьшение случаев выпадения ливней, более половины которых относится к первой и второй градациям и выпадает в периоды нормального типа увлажнения. С возрастанием суточных максимумов осадков доля их уменьшается не только при типе пониженного увлажнения, но и при повышенном.

Некоторое преобладание нелинейных осадков в этой зоне по сравнению с горной и практическое отсутствие снежного покрова, а также повышенные среднегодовые температуры воздуха и почвы способствуют преимущественному развитию здесь процессов химического выветривания. В периоды повышенного увлажнения интенсифицируются гравитационные процессы на склонах, возникают временные водотоки в малых эрозионных формах; при усилении ливневой деятельности иногда отмечаются катастрофические паводки.

Анализ режима выпадения осадков на протяжении всего этапа стационарных исследований позволил установить чередование лет с разными типами увлажнения, выявить их влияние на развитие экзогенных процессов в течение длительного времени и связать их с фазами увлажнения. Так, в первую фазу в обеих зонах преобладали годы с близким к норме или пониженным увлажнением; годы с повышенным увлажнением чаще наблюдались асинхронно по вертикальным зонам, и только в единичных случаях — одновременно. Во вторую фазу чаще отмечались годы с близким к норме или повышенным увлажнением, причем к концу фазы такое увлажнение проявляется синхронно в обеих зонах. Ливни редкой обеспеченности, как правило, также охватывают обе зоны одновременно, что должно способствовать транспорту материала по значительной площади бассейнов рек, вызывая иногда опасные и даже катастрофические явления (сели, наводнения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хмелева Н. В. Опыт применения длительнопериодических стационарных исследований с использованием фототеодолитных съемок при изучении экзогенных процессов (на примере горных территорий)//Геоморфология. 1986. № 4. С. 58—64.
2. Виноградова Н. Н. О роли побочной и осередков в транспорте наносов горных рек//Вестн. МГУ. Сер. 5, География. 1987. № 6. С. 98—102.
3. Хмелева Н. В., Виноградова Н. Н., Шевченко Б. Ф., Самойлова А. А. Денудация и наносы горных рек Черноморского побережья Грузии//Геоморфология. 1988. № 1. С. 78—83.
4. Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф. Результаты 25-летних наблюдений осыпи в долине р. Жозквара (Абхазия)//Геоморфология. 1992. № 1. С. 96—101.
5. Самойлова А. А. О роли атмосферных осадков в рельефообразовании (на примере влажных субтропиков Черноморского побережья Кавказа).— Деп. ВИНТИ, № 5961 от 28.9.1987.

6. Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф. Развитие продольного профиля временных водотоков в условиях горных массивов Черноморского побережья Абхазии (по многолетним наблюдениям)//Геоморфология. 1978. № 3. С. 100—106.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
15.10.92

**ON THE APPRAISAL OF RAINFALL DATA SIGNIFICANCE
IN THE STATIONARY STUDIES OF EXOGENIC PROCESSES
IN MOUNTAINS**

N. V. KHMELEVA, A. A. SAMOILOVA

S u m m a r y

28 year series of stationary observations over exogenic processes using surface phototheodolite survey and local meteodata were used to estimate rainfall importance in the debris formation within individual links of a mountain drainage basin in wet subtropics. The data processed by a special technique show the possibility to obtain information (even in mountain areas) on spatial and chronological variability of the processes under the study. The results can be used as a basis of more precise forecasting natural hazards and catastrophs.