

УДК 551.4.042 : 528.74 (234.9)

ХМЕЛЕВА Н. В.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОПЕРИОДИЧЕСКИХ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОТЕОДОЛИТНЫХ СЪЕМОК ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ (НА ПРИМЕРЕ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ)

В настоящее время при изучении современных экзогенных процессов широко применяются стационарные исследования. Помимо сети постоянных станций и стационаров используют и временные стационары. На них в отличие от постоянных, расположенных на заповедной территории, где объекты изучаются с помощью непрерывно действующей аппаратуры, наблюдения проводятся в произвольные сроки, и аппаратура монтируется на время наблюдений. Нередко она близка к используемой при полевых исследованиях. Особое место на временных стационарах занимает метод повторной фототеодолитной съемки.

Как известно, одно из условий стационарных исследований — повторность наблюдений. Теоретически [1] она определяется ритмичностью проявления изучаемых процессов. Последняя для большинства из них слабо изучена. Существуют два варианта периодичности наблюдений на временных стационарах: 1) объекты изучаются после экстремального проявления процессов с последующей произвольной по срокам фиксацией их изменений; 2) регулярные наблюдения, обычно с годовым или сезонным интервалом.

Стационарные наблюдения обычно направлены на изучение частных процессов, захватывая, особенно при использовании метода повторных фототеодолитных съемок, небольшие интервалы времени. Ответ на вопрос, в какой мере метод повторных фототеодолитных съемок может быть использован на временных стационарах при изучении механизма процессов в горных районах, дают результаты подобных исследований, проводимых с 1963 г. по инициативе проф. Н. И. Маккавеева на Черноморском побережье Абхазии. Поводом для создания временных стационаров явились полевые исследования, проводившиеся здесь Черноморской экспедицией географического факультета МГУ с целью определения баланса твердого стока рек этой территории. В задачу стационарных исследований, проводящихся и в настоящее время, входит изучение механизма склоновых, эрозионных и русловых процессов для определения их роли в формировании наносов рек этой территории. Результаты изучения указанных процессов за относительно короткие интервалы времени опубликованы в статьях по процессам: гравитационным [2, 3], эрозионным [4, 5], русловым [6]. Настоящая статья посвящена длительнопериодическим стационарным исследованиям пространственно-временных особенностей проявления этих процессов, основанным на использовании метода повторной фототеодолитной съемки. Особое внимание уделяется методике обработки данных, получаемых при подобного типа исследованиях, которая до сих пор применительно к ним слабо разработана.

Объекты наблюдений и полевые исследования. При выборе объектов наблюдений мы руководствовались их принадлежностью к различным звеньям гидрографической сети, что позволяет судить об особенностях накопления и транспорта обломочного материала. На стационарах изучаются склоновая осыпь, формы временных водотоков низких порядков и русловые формы рек Бзыби и Гумисты. Все они располагаются в пре-

делах нижнего яруса гор в узкой полосе длиной около 100 км на участке пос. Гантиади — г. Сухуми. Верхняя граница полигонов наблюдений уходит от моря в сторону гор на расстояние от 3 до 25 км по долинам рек.

Подробное описание участков наблюдений дано в упомянутых статьях. Здесь дается лишь их краткая характеристика.

Гравитационные процессы в горах Северо-Западного Кавказа широко распространены и в силу морфологических особенностей речных долин являются значительным источником поступления в реки обломочного материала. По малым эрозионным формам за их счет образуется до 60% влекомых наносов [7]. Гравитационные процессы изучаются на примере склоновой осыпи, расположенной в долине р. Жоеквара. Она принадлежит к типу осыпей подножия и питается за счет разрушения уступа высотой от 30 до 50 м.

Изучаемые эрозионные формы весьма многообразны. Условно их можно отнести к горным образованиям подобного типа. На стационарах они представлены промоиной, оврагом и малой рекой, дренирующими склон Гагринского массива, по которому их истоки уходят до абс. высот 550—1100 м. Устья привязаны к морю. Русла этих форм имеют преимущественно невыработанный профиль и относятся к порожиисто-водопадному типу. Формирующие их временные потоки характеризуются высокой транспортирующей способностью. Участки наблюдений за руслами меандрового и блуждающего типа рек Гумисты и Бзыби находятся на различном расстоянии от их устья.

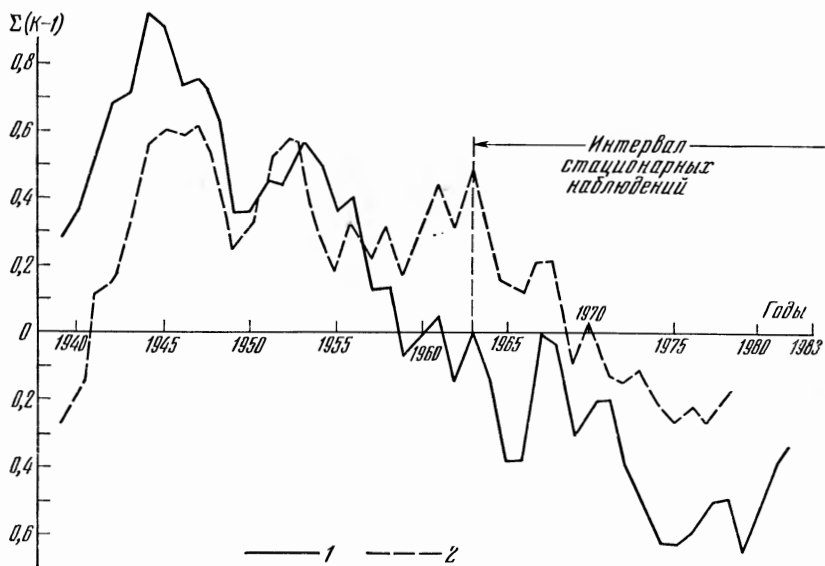
Наблюдения за большинством объектов производятся с помощью метода повторной фототеодолитной съемки с постоянных точек. Используются также геодезический метод (повторное нивелирование) и метод окрашенных обломков. Преимущество метода фототеодолитных съемок при стационарных исследованиях заключается в возможности изучения объектов целиком или их значительной части, что повышает репрезентативность получаемых с его помощью данных по сравнению с другими методами, при помощи которых исследуются часто лишь малые участки изучаемого объекта. Метод фототеодолитных съемок позволяет изучать процессы с большей детальностью и постоянной точностью, обеспечиваемой стереофотограмметрическими методами обработки снимков. Достоинством метода является также возможность наблюдений без выделения специальной территории и монтажа на ней необходимого для наблюдений оборудования, в силу чего метод незаменим при изучении экзогенных процессов в густонаселенных районах и позволяет изучать влияние на них антропогенного фактора.

Съемки объектов и полевые наблюдения проводятся одновременно на всех объектах с интервалом до 2—3 недель обычно через год (чаще осенью). К настоящему времени ряд наблюдений составляет более 20 лет.

При изучении экзогенных процессов на временных стационарах нами анализировалось в основном влияние двух факторов: увлажнения и сейсмической активности, систематические наблюдения за которыми ведутся специальными службами на близрасположенных постах и станциях. Таким образом, мы имели возможность получить данные о режиме этих факторов в интервалы времени между нашими наблюдениями.

Район исследований располагается в зоне влажных субтропиков и характеризуется значительной сейсмической активностью. Годовая сумма осадков здесь колеблется от 1300 в приморской зоне до 1800 мм в горах. Максимальная сила землетрясений может достигать 9 баллов.

При оценке роли увлажнения и сейсмической активности в развитии изучаемых процессов возникал ряд трудностей, вытекающих из принадлежности стационаров к типу временных. Первая из них связана с относительно редкой периодичностью измерений параметров исследуемых процессов, когда трудно решить, являются ли их изменения следствием воздействия того или другого фактора. В этом случае задача сводится к установлению режима, силы воздействия и времени интенсивного про-



Нормированные разностные кривые годовых сумм осадков по метеостанциям
1 — Гагра, 2 — Гагринский хребет (по А. А. Самойловой)

явления каждого из анализируемых факторов. Вторая трудность заключается в сложности корреляции получаемых параметров процессов с данными постоянных служб наблюдений за факторами, сеть которых в пределах района исследований редка и посты наблюдений удалены от наблюдаемых объектов на значительные расстояния. Этот момент особенно затруднял изучение эрозионных форм, образование водотоков в которых связано с ливневой деятельностью, не всегда фиксируемой метеостанциями.

Поскольку в условиях горного рельефа влажных субтропиков в развитии процессов денудации велика роль ливневых осадков, при оценке роли увлажнения в изучаемых процессах большое внимание обращалось на случаи экстремального выпадения осадков. С этой целью анализ увлажнения проводился по различным по продолжительности временным интервалам. Вначале для каждого этапа (года) рассчитывались величины отклонения сумм осадков от нормы, число ливней, их интенсивность и т. д. В последующем в пределах каждого этапа помимо средних показателей учитывались случаи 10- и 5%-ной и более редкой обеспеченности параметров, характеризующих экстремальное выпадение осадков для каждого месяца и каждых суток. На основе такого подхода удалось дать типизацию этапов по условиям увлажнения, выделив среди них близкие к норме и отклоняющиеся от нее в ту или другую сторону (влажные и засушливые). Среди этих этапов установлено несколько вариантов, различающихся по режиму осадков и экстремальным случаям их выпадения. Такая типизация позволила судить о потенциальных условиях образования поверхностного стока в каждом из этапов и о возможности возникновения временных потоков в изучаемых эрозионных формах.

При оценке роли увлажнения в развитии процессов денудации важно знать положение периода стационарных наблюдений относительно фаз многолетних циклических ее изменений. С этой целью был построен график нормированной разностной кривой среднегодовых сумм осадков для метеостанций г. Гагра и Гагринский хребет, находящихся в пределах района исследований (рисунок). Согласно графику интервал стационарных наблюдений соответствует в основном ниспадающей ветви кривой, когда сумма осадков мало отличалась от нормы или была

ниже нее. Это подтверждается и данными средних сумм осадков по этапам. В половине из 20 этапов она близка к норме, в четырех превышает ее и в семи ниже нее.

Аналогичный подход использовался и при обработке гидрологических данных. По этапам вычислялись средние величины расходов воды и твердого стока, устанавливались случаи редкой обеспеченности. В результате была дана типизация этапов по режиму водности с учетом соотношения жидкого и твердого стока по рекам. Примененная методика обработки данных с целью оценки роли отдельных факторов в развитии исследуемых экзогенных процессов позволила решить и важный методический вопрос, а именно вести выборочную обработку снимков, исходя из условий проявления факторов рельефообразования по этапам.

При оценке роли второго фактора — сейсмической активности учитывались сильные землетрясения, общий уровень сейсмической активности по каждому этапу, определяемой данными близрасположенных сейсмостанций по методике, разработанной в Институте физики Земли АН СССР [8].

Показатели проявления процессов. При повторных фототеодолитных съемках в качестве показателей изменений исследуемых объектов используются величины горизонтальной и вертикальных деформаций, устанавливаемые при стереофотограмметрической обработке снимков и по признакам, получаемым при их дешифрировании. Поскольку на протяжении коротких интервалов времени отмечается разнонаправленность в развитии процессов, связанная с микроритмичностью, связь между величинами деформаций и действующими факторами не всегда прослеживается. В связи с этим в начале исследований большое внимание уделялось выявлению дополнительных диагностических признаков развития процессов, позволяющих судить о деятельности того или другого фактора. Здесь большие возможности открывает использование специальных методов обработки снимков, в частности метод эпполярных смещений [9]. Последний обеспечивает получение дополнительных данных об изменениях, происшедших в течение этапа, и помогает судить об их природе. Так, при изучении гравитационных процессов выявлены морфологические ассоциации обломков в поверхностном чехле осыпи, отражающие механизм их перемещения и позволяющие устанавливать роль в нем отдельных факторов [2]. Этот метод позволяет изучать микропроцессы, выявление которых невозможно с помощью обычных методов.

При исследовании русловых процессов по деформациям поверхности русловых форм устанавливались мощность активного слоя аллювия, площади участков, подверженные размыву или аккумуляции наносов, и другие показатели.

Особенно много трудностей возникало при изучении эрозионных форм. Величины деформаций продольного профиля в этом случае не всегда информативны. В силу специфики взаимодействия потока со скальным ложем, обнажающимся локально, размыв дна по этим формам происходит только на участках, перекрытых аллювием [4]. В этапы, когда по этим формам проходят мощные паводки, величина деформаций продольного профиля особенно на участках, покрытых аллювием, может возрастать на один, два порядка по сравнению с этапами, когда они невелики. В других случаях, когда прохождению второго крупного паводка предшествовал тоже мощный паводок, из-за отсутствия слоя аллювия, вынесенного потоком ранее, величина деформаций будет невелика. В связи с этим для суждений о мощности паводков, прошедших по этим формам в каждый этап, привлекались данные о размерах сместившихся замаркированных обломков. При их маркировке выбирались частицы из состава аллювия с диапазоном размеров в поперечнике от нескольких сантиметров до 2—4 м.

В последующем проводился анализ изменения отдельных параметров изучаемых процессов, которые сопоставлялись с режимом взятых факторов. Предполагалось, что этапам, характеризующимся среднеголетними величинами параметров процессов, соответствуют и фоновые

величины того или другого фактора. Фоновые величины рассчитывались по данным сплошной обработки снимков за первые 10 лет наблюдений с последующей затем их корректировкой по всему ряду наблюдений за 20-летний период с учетом выделенных типов увлажнения.

Результаты исследований. Проведенный анализ показал, что более тесная связь наблюдается между интенсивностью гравитационных и эрозионных процессов и увлажненностью. Влияние сейсмической активности, проявляющейся в отличие от последней менее регулярно, пока установлено не так четко. В явном виде эта связь прослеживается между гравитационными процессами и сильными землетрясениями. Результат воздействия наиболее крупных из них, зафиксированных в 1964 г., Бзыбского в 1968 г. и Сочинского в 1970—1971 гг. [10], сказался в обрушении блоков пород с уступа изучаемой осыпи и крутых склонов долин временных водотоков. Одновременно с обрушением пород возрастают скорости смещения обломков в поверхностном чехле осыпи.

Расположение объектов наблюдений на значительной по площади территории позволило по интенсивности протекающих в каждом звене процессов устанавливать, связана она с локальным проявлением воздействующего фактора или с повсеместным его действием на всей изучаемой территории. По этим данным в зависимости от местоположения объекта восстанавливалась последовательность перемещения наносов в разных звеньях гидрографической сети. Дополнительно для установления синхронности проявления факторов на территории исследуемого района привлекались данные дорожных служб. Учитываемые ими объемы грунта, поступающие на полотно шоссе, проходящих вдоль побережья на абс. высотах до 200—300 м и в горах до 600 м, служили добавочными сведениями о развитии исследуемых экзогенных процессов, тем более что поступление грунта на полотно шоссе происходит под влиянием тех же факторов, которые вызывают смещение обломков на осыпях и образование твердого стока в малых эрозионных формах. В целом при таком подходе удалось более обоснованно устанавливать фоновые и экстремальные величины интенсивности изучаемых процессов и выявлять особенности формирования влекомых наносов гидро-сети и роль в них изучаемых процессов.

При установлении интенсивности процессов, особенно их фоновых характеристик при относительно коротких рядах, важно знать время проявления экстремального воздействия фактора на объект и время релаксации объекта.

За 20-летний период наблюдений, соответствующий фазе пониженного или близкого к норме увлажнения, интенсивность эрозионных и гравитационных процессов колебалась в относительно небольших пределах. Роль ее экстремального проявления могла быть прослежена только в нескольких случаях. Из них наиболее ярко она устанавливается в этап, охватывающий интервал между сентябрем 1967 и сентябрем 1968 гг. Аномальному проявлению процессов денудации в это время способствовал ряд причин: повышенная норма осадков, сильные ливни, Бзыбское землетрясение и повышенная общая сейсмическая активность. Следствием отмеченного явились мощные паводки по малым эрозионным формам и по рекам, обрушение блоков пород с крутых склонов долин. Следы действия таких эпизодических экстремов сохранялись в рельефе разное время, после чего происходил возврат к прежнему состоянию формы. Так, отметки продольного профиля тальвегов временных водотоков на участках скального ложа, перекрытого после прохождения мощного паводка слоем аллювия мощностью, на 1—2 порядка превышающей нормальную, вернулись к первоначальным спустя четыре года. В течение этого времени увлажненность была близка к норме или ниже нее. По малой реке слой мощной аккумуляции, вызванной той же причиной, оказался размытым через два года, в течение которых осадки были близки к норме или больше нее. Эти примеры, как и другие, свидетельствуют, что время релаксации последствий действия экстрема в рельефе зависит от ряда причин: силы экстремального проявления фак-

торов, размера формы, подвергающейся их действию, а также интенсивности проявления факторов в последующий этап.

Проведенные исследования позволяют считать, что в фазу пониженного увлажнения или близкого к норме процессы денудации в горных условиях протекают с относительно небольшой интенсивностью. В результате создается положительный баланс обломочного материала в верхних звеньях гидросети за счет его накопления в шлейфах осыпей. При относительно небольшой водности потоков, возникающих в эрозионных формах, материал, образуемый гравитационными процессами, накапливается у подножия склонов долин. По данным Б. Ф. Шевченко [11], интенсивность аккумуляции обломочного материала, как можно судить по исследуемой осыпи, в условиях влажных субтропиков значительна. Показатель того — большие скорости отступления питающего ее уступа.

Как показывает график, с 1979 г. начался переход к фазе повышенного увлажнения, подобной фазе 1940—1960 гг., когда сумма осадков за этап увеличивалась почти в 1,5 раза. Это явление, как и сопутствующее ему возрастание случаев экстремального выпадения осадков, должно сопровождаться усилением процессов денудации вплоть до возникновения селевых явлений, подобных наблюдавшимся здесь в предшествующую фазу повышенного увлажнения (1940—1960 гг.).

ВЫВОДЫ

Полученные с помощью метода повторной фототеодолитной съемки результаты могут быть использованы при решении ряда научных и прикладных вопросов, связанных с изучением твердого стока рек и при разработке мер борьбы со стихийными явлениями. Использование метода повторной фототеодолитной съемки для фиксации изменений исследуемых объектов обеспечивает получение дополнительных количественных данных, что повышает точность и репрезентативность получаемых результатов по сравнению с другими методами и способствует более глубокому изучению экзогенных процессов.

При разработке прогнозов и расчетов интенсивности экзогенных процессов, базирующихся на данных стационарных исследований, необходимо учитывать положение интервала наблюдений относительно фаз циклических изменений увлажненности.

При оценке роли средних или экстремальных параметров интенсивности процессов в денудации рельефа необходим ряд наблюдений, охватывающих хотя бы две фазы многолетних периодических изменений увлажненности. Поскольку колебания параметров средних и экстремальных величин интенсивности денудации в условиях горного рельефа составляют несколько порядков, становится очевидной необоснованность использования для расчетов среднего слоя денудации по тому или другому региону данных коротких рядов наблюдений без учета их принадлежности к той или другой фазе увлажненности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Торнес Дж., Брунсден Д. Геоморфология и время. М.: Недра, 1981. 226 с.
2. Никулин Ф. В., Хмелева Н. В. Об изучении движения осыпей фототеодолитным методом. — Геоморфология, 1971, № 1, с. 108.
3. Хмелева Н. В., Никулин Ф. В., Шевченко Б. Ф. Движение обломков в поверхностном слое осыпи. — В кн.: Эрозия почв и русловые процессы, вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1974, с. 101.
4. Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф. Развитие продольного профиля временных водотоков в условиях горных массивов Черноморского побережья Абхазии. — Геоморфология, 1978, № 3, с. 100.
5. Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф., Никулин Ф. В., Пантюлина Е. В. О влиянии некоторых факторов рельефообразования на гравитационные и эрозионные процессы. — В кн.: Эрозия почв и русловые процессы, вып. 6. М.: Изд-во МГУ, 1974, с. 55.
6. Виноградова Н. Н., Самойлова А. А., Хмелева Н. В., Шевченко Б. Ф. Об особенностях русловых деформаций горных рек Абхазии и их роль в балансе наносов береговой зоны. — В кн.: Береговая зона моря. М.: Наука, 1981, с. 94.

7. Литвин Л. Ф. Опыт исследования связей между ландшафтно-геоморфологическими факторами и твердым стоком рек Западного Кавказа.— Вестн. МГУ. География, 1969, № 4, с. 60.
8. Землетрясения СССР в 1963—1974 гг. М.: Наука, 1966, 1976.
9. Никулин Ф. В. Новый метод изучения движения и скорости движения чехла обломков на крутых склонах.— Вестн. МГУ. География, 1975, № 3, с. 80.
10. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древних времен до 1975 г. М.: Наука, 1977. 531 с.
11. Шевченко Б. Ф. Особенности формирования курумовых и осыпных склонов по данным стационарных исследований: Автореф. дис. на соискание уч. ст. канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1981. 27 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
30.X.1984

LONG TERM STATIONARY OBSERVATIONS USING PHOTO-THEODOLITE SURVEY APPLIED TO EXOGENOUS PROCESSES STUDY (WITH SPECIAL REFERENCE TO MOUNTAIN REGIONS)

KHMELEVA N. V.

Summary

Long term stationary studies aimed for denudation processes investigation at NW Caucasus and based on repeated photo-theodolite survey appeared to be promising for forecasting and calculation of the denudation volume. Twenty years period of observation indicates the necessity to consider the chronological position of the observation interval with respect to phases of periodical humidity changes. Most precise and representative data on background and extremum intensity of present-day exogenous processes are provided by regular observations, long enough to embrace at least two phases of humidity cycle.