

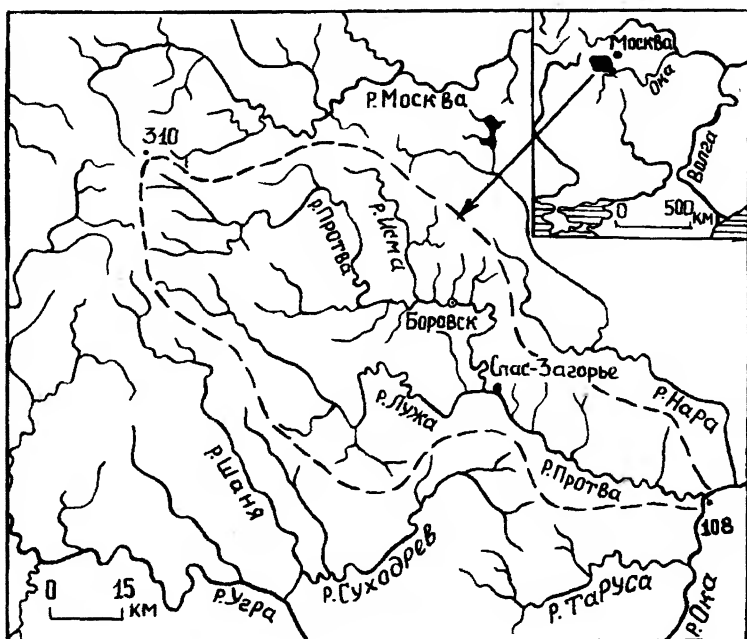
НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 551.4.023

© 1994 г. С. И. АНТОНОВ, В. Н. ГОЛОСОВ

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЛАНСОВОГО ПОДХОДА
ПРИ СТАЦИОНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ СОВРЕМЕННЫХ
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕЧНОМ БАССЕЙНЕ**

Накопление количественных данных об интенсивности современных геоморфологических процессов — актуальная задача геоморфологии. Одним из путей решения этой проблемы являются непосредственные режимные наблюдения хода рельефообразующих процессов, существенно дополняющие традиционные геолого-геоморфологические методы, основанные на анализе аккумулятивных и эрозионно-денудационных образований, созданных деятельностью тех или иных агентов. Роль стационарных наблюдений за современными геоморфологическими процессами еще более возрастает при решении тех или иных экологических задач, возникающих перед обществом в последние годы. Любые вопросы, связанные с перемещением вещества на земной поверхности, неизбежно требуют конкретных данных об интенсивности целого комплекса геоморфологических процессов, охватывающих различные звенья пути движения наносов. В настоящее время свыше 30 организаций в разных регионах СНГ проводят стационарные наблюдения за отдельными геоморфологическими процессами. При этом измеряется, как правило, не более одного-двух ведущих процессов, а ряды наблюдений обычно не превышают 20—30 лет [1]. Кроме того, редкие исследования сопровождаются регулярными гидрометеорологическими наблюдениями непосредственно в пределах изучаемого участка. Отсутствие комплексного географического подхода, охватывающего весь спектр природных (и в первую очередь геолого-геоморфологических) процессов, а также различие методик измерения их интенсивности затрудняют сравнение полученных результатов и обычно не позволяют перейти к важным балансовым характеристикам движения вещества в пределах каждой конкретной территории. Оценки баланса наносов для отдельных областей — как правило, речных бассейнов — довольно редко встречаются в отечественной литературе [2—4]. Гораздо большее внимание балансовым исследованиям уделяют зарубежные ученые. Многолетние работы проводятся в США [5], Великобритании [6], Польше [7], Франции [8] и других странах. Исследователи пытаются наиболее полно охватить наблюдениями ведущие процессы денудации, влияющие на экологическое состояние территории. Значительное внимание уделяется оценке размыва дорог, оползневым процессам, отседанию склонов и т. д. Важная особенность зарубежных исследований — их приуроченность преимущественно к горным и предгорным территориям, где экзогенные процессы протекают наиболее интенсивно, тогда как исследованиям процессов на равнинах уделяется пока



Гидрографическая схема бассейна р. Протвы

недостаточно внимания. Балансовый подход к характеристике процессов в естественных ячейках территории — речных бассейнах — позволяет как контролировать формирование и движение наносов во всех звеньях природной цепи, так и выявлять в ней пропущенные или наименее изученные звенья, концентрируя затем внимание на соответствующих процессах.

В качестве примера подобных исследований можно рассмотреть материалы наблюдений по одному из участков юго-западного Подмоскovie — бассейну р. Протвы, где уже имеются 10—15-летние ряды замеров интенсивности ведущих геоморфологических процессов.

Бассейн р. Протвы (рисунок), представляющий собой небольшую (площадь около 3,6 тыс. км²) часть волжского бассейна, находится на юго-восточном склоне Смоленско-Московской возвышенности и охватывает область среднерасчлененных вторичных моренных равнин краевой зоны среднеплейстоценового (московского) оледенения. Размах высот в пределах бассейна — около 200 м. Эта территория в нечерноземной полосе России относится к южной части лесной зоны (подзона смешанных лесов), где доля распаханых участков колеблется от 30—40% на севере бассейна, до 70% на юге. В пределах рассматриваемой территории в настоящее время прослеживаются следующие процессы: 1) выветривание, 2) карстово-суффозионные, 3) эоловые, 4) склоновые, 5) эрозия постоянных и временных водотоков, 6) флювиальная аккумуляция, 7) озерно-болотная аккумуляция, 8) хемогенная аккумуляция, 9) биогенная аккумуляция, 10) техногенная эрозия и аккумуляция. Из них прежде всего выделим два ведущих процесса: склоновые и эрозионные (флювиальные), которые, как будет показано ниже, играют наиболее важную, определяющую роль в общем балансе вещества рассматриваемого бассейна. Остальные процессы следует считать второстепенными. Процессы выветривания рыхлых и коренных пород, протекающие практически повсеместно на данной территории, особое значение приобретают на плоских междуречьях, где многие другие процессы почти не проявляются. Величина выветривания, оцениваемая обычно, согласно литературным источникам, долями миллиметра в год [1], в данном случае не определялась. По рассматриваемому району также отсутствуют количественные данные и о других процессах, идущих

Объемы эрозии и аккумуляции и баланс наносов в бассейне р. Протвы

Процесс	Суммарный объем по бассейну, т	Объем склоновой аккумуляции	Объем долинной аккумуляции	Поступле- ние в русло реки	Русловой баланс наносов, %	
		т / %			приход	расход
Склоновый смыв						
ливневой	261530	<u>252760</u> 96,6	<u>2800</u> 1,1	<u>5970</u> 2,3	11,2	
талый	88730	<u>59580</u> 67	<u>8130</u> 9,2	<u>21020</u> 23,8	39,3	
крип	6580	<u>5920</u> 90		<u>660</u> 10	1,2	.
Итого	356840	<u>315300</u> 88,3	<u>13890</u> 4,0	<u>27650</u> 7,7	51,7	
Овражная эрозия	5500		<u>2350</u> 43	<u>3150</u> 57	5,9	
Русловая эрозия	?	—	—	22720	42,4	
Техногенный вынос	?	?	?			
Речной сток на закрывающем створе (с. Спас-Загорье)	41800	—	—	—		78,1
Аккумуляция речных наносов на пойме	11720	—	—	—		21,9

как на междуречьях, так и в долинах: эоловых (дефляция и аккумуляция), карсто-во-суффозионных (химическая денудация), биогенных, техногенных. Интенсивность озерно-болотной аккумуляции, определяемая по данным бурения и спорово-пыльцевого анализа болотной толщи, характеризуется лишь средними величинами осадконакопления за последние тысячи лет (около 0,1 мм/год). Аналогичные данные по старичным понижениям поймы и террас позволяют говорить о более высоких (в 1,5—2 раза) средних темпах аккумуляции.

Склоновый снос — один из основных геоморфологических процессов, происходящих в бассейне р. Протвы. Здесь преобладают сравнительно пологие склоны (крутизной не более 8—15°), доля более крутых невелика. В этих условиях особое значение, определяющее тип склонового процесса, приобретает характер растительности. На распахиваемых склонах идут динамичные процессы делювиального смыва, а на задернованных и залесенных поверхностях преобладает крип (сочетание дефлюкции и медленной солифлюкции). Измерения склоновых процессов, выполняемые на участках смыва с помощью временных водосливов [9], а в зоне крипа — по замерам шпилек, установленных в толще склоновых осадков (метод А. Янга [10, 11]), показали значительное различие их скоростей и интенсивности. Если крип характеризуется смещениями в 1—3 мм/год и объемами сноса, измеряемыми первыми килограммами в год с гектара, то для делювиального смыва характерны объемы в несколько тонн с гектара и скорости смещения материала от десятков до нескольких сотен метров за сезон.

На исследуемой территории наблюдаются две разновидности делювиального смыва — при ливневом и талом стоке, различающиеся по способу переноса частиц струями воды. В первом случае это происходит главным образом в виде влекомых

частиц, во втором — преимущественно во взвешенном и растворенном состоянии. В результате этого материал ливневого смыва легко задерживается растительностью у края поля, где происходит его массовая аккумуляция, а продукты талого смыва с меньшими потерями транспортируются в русла временных водотоков (таблица).

Характер севооборотов и микрорельеф склона существенно влияют на размеры делювиального смыва, варьирующего в очень широких пределах от 0,01 до 60 т/га в год. При этом усилению смыва способствуют ливневой характер осадков, разреженная растительность или ее отсутствие, а также особенности микрорельефа, например наличие понижений, микроложбин, ориентированных по падению склона и концентрирующих сток. Напротив, медленное поступление влаги в ходе снеготаяния, корни и стебли растений (посевы трав, озимые, стерня), а также плоский или мелкобугристый микрорельеф склонов способны значительно снижать интенсивность смыва. Наиболее интенсивный смыв с полей пропашных культур (картофель, свекла), наблюдаемый в днищах отдельных микроложбин (до 300 т/га в год, или около 15—20 см/год) может привести к полному сносу верхнего гумусового слоя почвы, не превышающего в Подмоскowie 20—25 см, за один-два сезона. Таким образом, особенности землепользования приобретают важное геоморфологическое и экологическое значение.

Процессы крипа, медленно протекающие на задернованных склонах, практически прекращаются на субгоризонтальных поверхностях с уклоном 2 град и менее, где происходит аккумуляция материала. Такими участками являются тыловые части поймы и террас, отдельные площадки на склонах, в некоторых случаях — днища балок. Однако часть продуктов крипа с относительно крутых (до 20—30 град) подмываемых склонов попадает непосредственно в русла водотоков. В пределах исследованного бассейна такие склоны составляют 8—10% от общего количества. Эта величина — своего рода показатель «денудационной эффективности» процессов крипа — сильно зависит от глубины и густоты эрозионного расчленения, заметно варьирующих от бассейна к бассейну. Однако, как видно из таблицы, количество материала, поставляемого крипом, значительно уступает объемам делювиального смыва. Характеристика склонового сноса в долины рек будет неполной, если не упомянуть об обвально-осыпных (гравитационных) и оползневых процессах, кое-где наблюдающихся на бортах долин и крутых береговых уступах, подмываемых руслом. Важная особенность этих процессов — неравномерный характер их протекания, содержащий в себе элементы «катастрофизма» и отличающийся низкой степенью предсказуемости [12]. Целый ряд внешних факторов (мощные паводки, обильные ливни, нерациональная инженерная деятельность человека и т. д.) способны спровоцировать активизацию этих процессов в отдельных, наиболее предрасположенных к ним участках склонов речных долин. Но следует отметить, что для исследуемого бассейна доля подобных склонов довольно мала (первые проценты) и ею можно пренебречь в балансовых расчетах невысокой точности.

Эрозионная деятельность временных водотоков, определяемая повторными замерами и съемками, а также наблюдениями за твердым и жидким стоками, оказалась наиболее существенной у форм, дренирующих частично или полностью распаханнные водосборы [9, 13]. Из них в первую очередь учитывали водотоки, впадающие непосредственно в русло, чей материал без задержки поступает в реки, минуя стадию накопления на поймах и террасах долины. Оказалось, что в бассейне р. Протвы доля подобных форм, наиболее активно поставляющих материал в главные реки, составляет 25—30% от общего количества.

Эрозия главных рек бассейна, точный учет которой довольно затруднителен, оценивается как разность всех рассмотренных статей расхода и всей приходной величины баланса. Ее объем составляет около 20 тыс. т/год.

Основной расходной статьей баланса наносов любого речного бассейна является речной сток. Для бассейна р. Протвы его величина достигают 40—42 тыс. т/год, что составляет 78% выносимого материала. Остальная часть задерживает-

ся в долинах. Аккумуляция материала в бассейне, важной частью которой является флювиальная составляющая, включает также хемогенное, техногенное и рассотренные выше озерно-болотное и склоновое осадконакопление. Главный компонент — флювиальная аккумуляция — представляет собой преимущественно накопление аллювия на пойме и в речном русле. Периодически замеры интенсивности этого процесса в главных реках бассейна (определение мощности наилка и т. д.) показывают, что величины аккумуляции составляют от 1,5 мм/год на низкой пойме до 0,05 мм/год на высокой пойме, что отвечает среднему взвешенному показателю по всем поймам бассейна 0,2 мм/год и суммарному объему 11720 т/год (22% расходной части баланса) (таблица). Следует отметить, что в результате детальных исследований, проведенных на водосборах малых рек лесостепной зоны (в частности, в бассейне Верхней Оки), получены материалы о значительных колебаниях величины пойменной аккумуляции в разнопорядковых долинах. При этом наибольших размеров она достигает в формах I и II порядка, что превышает объемы пойменного осадконакопления в более крупных долинах (III—V порядка) в 5—10 раз [14]. Важным следствием этих наблюдений также является подтверждение как зонального характера распределения величин долинной аккумуляции, так и значительной пространственной изменчивости этого процесса (фактически уникальности каждого отдельного водосбора). Однако подобными различиями, вероятно, имеющими место и в бассейне р. Протвы, приходится, к сожалению, пренебрегать ради упрощения настоящих расчетов, что, безусловно, снижает точность предлагаемых построений.

Другие составляющие аккумулятивного процесса в долинах изучены слабее, чем флювиальное осадконакопление, и практически не охвачены стационарными наблюдениями. Хемогенная аккумуляция в виде осаждения гидрокарбоната кальция из жестких грунтовых вод, приводящая к образованию натечных травертиновых псевдотеррас, оценивается лишь приблизительно по абсолютным (^{14}C) датировкам образцов из туфовой толщи. Средние темпы осадконакопления колеблются на разных участках от 0,3 до 1 мм/год. Объемы хемогенной аккумуляции в масштабах бассейна, как и химической денудации междуречий, не определялись. Неучтенным остается и влияние биогенного осадконакопления на эрозионно-аккумулятивные процессы в бассейне. Растительный опад, упавшие стволы деревьев в лесу, нарастание слоя дернины на лугах и др. — все это в масштабах водосбора р. Протвы может служить заметной добавкой к общему количеству веществ, формируемых и перемещаемых главными агентами рельефообразования. В бассейне отсутствуют и определения техногенной эрозии и техногенного выноса, а также техногенной аккумуляции. Первая включает в себя размыв дорог, технологические стоки, тогда как к техногенному выносу следует отнести добычу полезных ископаемых (главным образом строительных материалов), сбор и вывоз за пределы бассейна продукции сельского хозяйства (преимущественно продуктов растениеводства), вырубку и вывоз леса. Важно отметить, что при сборе некоторых сельскохозяйственных культур, например корнеплодов, с полей нередко удаляется заметное количество мелкозема (до 2—5 т/га в год) [15], которое затем рассеивается или накапливается в пределах населенных пунктов (дворы, склады, овощехранилища). В состав техногенной аккумуляции следует включить внесение минеральных и органических удобрений на полях, утилизацию отходов, возведение инженерных сооружений (например, дорожных насыпей). Перечисленные процессы — трудноучитываемы в связи с большой пространственной и временной изменчивостью антропогенного фактора. Для определения их интенсивности необходимы специальные наблюдения и статистический учет каждой разновидности техногенного рельефообразования с оценкой их вариаций по бассейну. К настоящему времени подобных материалов в научной литературе практически нет. Отсутствие в балансовых расчетах техногенной составляющей рельефообразования — пожалуй, наиболее значительный недостаток приводимых вычислений.

Приведенный пример расчета баланса наносов, несмотря на его оценочный

характер, количественно иллюстрирует важнейшие денудационные и аккумулятивные процессы территории, основные потоки движения вещества. Так, наиболее динамичным процессом денудации является склоновый смыв, а областью его распространения — долинные и междуречные (придолинные) распахиваемые склоны крутизной от 1,5—2 до 5—8 град. Важно подчеркнуть, что основными артериями, по которым продукты смыва поступают в долины рек, являются ложбины временных водотоков, поставляющие до 50% материала (таблица), тогда как непосредственно со склонов в русла попадает не более 1—2% всего объема наносов благодаря главным образом медленно текущим процессам крипа. Собственно овражная эрозия, охватывающая те же высотные и геоморфологические звенья бассейна (долинные и придолинные склоны), оказывает на рельеф на один-два порядка меньшее денудационное воздействие. Эрозионная деятельность главных рек бассейна по общему объему существенно уступает склоновым процессам, но поскольку продукты последних в значительной мере аккумулируются при транспортировке, то в русловом балансе эти две статьи имеют близкие значения (до 40—50%).

Основные зоны аккумуляции в бассейне — выположенные и задернованные участки склонов, тыловые части речных террас, поверхность поймы, а также днища балок. Наиболее значительна по объему склоновая аккумуляция, в 10—12 раз превосходящая размеры аллювиально-делювиальных накоплений в речных долинах. При этом главной зоной аккумуляции становятся нижние части распахиваемых склонов — края пашни и полосы дернины у кромки поля (более 300 тыс. т. по бассейну Протвы). Пойменная аккумуляция, включающая как делювиально-пролювиальные поступления, так и накопление аллювия во время половодий (в сумме 20—25 тыс. т) — вторая по значимости в пределах бассейна. Аккумуляция на речных террасах, не заливаемых в половодья, принципиально мало отличается от склоновой. Разве что в их тыловых частях повышена роль пролювиальной составляющей, а в приоровочных, обычно распаханых и освоенных человеком, — делювиальных накоплений. По примерным оценкам, аккумуляция на террасах вдвое меньше пойменной.

Аккумуляция в днищах балок, нередко локальная и неустойчивая, подробно не изучалась. Между тем известно, что в южных, наиболее распаханых частях бассейна процессы балочной аккумуляции более интенсивны. Здесь и особенно южнее, в пределах лесостепной зоны в верховьях р. Оки, в связи с активным поступлением продуктов склонового смыва с распаханых водосборов в долины малых водотоков заиливаются и постепенно отмирают верхние звенья гидросети (исчезают постоянные водотоки в днищах долин, выполаживаются склоны и накапливаются наносы в днищах). Следует, однако, отметить, что в последние десятилетия наблюдается некоторое замедление процессов склоновой и балочной аккумуляции в связи со сменой севооборотов на обрабатываемых землях в сторону увеличения доли многолетних трав, особенно на участках, удаленных от крупных населенных пунктов, где практически не высаживаются пропашные культуры¹. К сожалению, мы не располагаем количественными характеристиками указанных процессов по разным частям бассейна Протвы.

Проведенный анализ позволяет сделать важные геоморфологические и экологические выводы, прежде всего подтвердить общеизвестный факт о ведущей роли эрозионных и склоновых процессов на данном этапе развития рельефа. При этом значительная активизация склоновой деятельности, вызванная изменением естественной растительности, ведет к переформированию профилей склонов и их значительному выполаживанию, а также существенно вмешивается в ход эрозионного процесса, особенно в верхних звеньях гидросети. Одновременно с этим при смене типа склонового процесса от крипа, более типичного для данных ландшафтно-климатических условий, к делювиальному смыву, свойственному

¹ Данный вывод базируется на выборочной оценке мощности аккумуляции наносов за 1954—1991 гг. по содержанию в отложениях ¹³⁷Cs.

тундровым или полупустынным обстановкам, происходит значительное ускорение движения склонового вещества, а также вовлекаются в активную геоморфологическую деятельность окраинные части междуречий. Здесь движение материала возрастает во много раз от долей миллиметра (практически от нуля) до десятков метров в год, что способствует ускорению других природных процессов.

Повышенные скорости смещения склоновых осадков от междуречий к днищам долин создают условия для ускоренного расширения ареалов загрязнения от того или иного очага на междуречье или склоне долины. Если в процессе крипа при скоростях движения 1—3 мм/год смещение материала даже за столетие составит несколько десятков сантиметров, то продукты склонового смыва вполне способны преодолеть путь в несколько сотен метров от бровки междуречья до днища долины за один-два сезона.

Знание скоростей и особенностей движения вещества в ходе эрозионно-аккумулятивного процесса в речном бассейне позволяет контролировать те или иные его звенья, вмешиваться в движение отдельных потоков. Так, склоновый смыв, несмотря на огромные масштабы явления и объемы перемещаемого материала, вполне поддается регулированию (а значит, и сокращению) в результате разумной системы землепользования, применяющей рациональные севообороты и исключаящей распашку склонов повышенной крутизны (в данном случае свыше 5 град). Учитывая, что продукты смыва либо накапливаются у края поля, либо транспортируются по днищам малых эрозионных форм, то и на этом этапе также возможно существенное воздействие с целью ограничения их распространения, например для локализации очага загрязнения. В то же время наносы и вещества, попавшие на дно долины (пойму) или в русло крупного водотока, уже с трудом поддаются контролю и регулированию, хотя при этом следует отметить и некоторое сокращение концентраций вредного компонента в процессе транспортировки.

Таким образом, анализ современных процессов в бассейне р. Протвы, проведенный на основе балансового подхода, позволил оценить главные и второстепенные рельефообразующие процессы территории, а также выявить определенные недостатки в характеристике тех или иных агентов. Так, оказались слабо изученными и неучтенными техногенное и биогенное рельефообразование, эоловая деятельность (во многом спровоцированная деятельностью человека), хемогенная денудация и аккумуляция и др. В то же время полученные материалы убеждают в известной условности деления процессов на главные и второстепенные на основе лишь среднестатистической (фоновой) интенсивности тех или иных агентов. За период наблюдений (10—15 лет) было неоднократно отмечено проявление ряда процессов с аномальной силой, нередко близкой к катастрофической. Например, в ряде случаев при определенном стечении обстоятельств² в ходе нескольких сильных ливней резко возрастала регрессивная эрозия отдельных оврагов, причем возникший за один-два ливня прирост соответствовал среднестатистическому приращению за 3—5 лет. Аналогично отдельные особо сильные ливни приводили к катастрофическому смыву почвы с полей, не уступающему по объему продуктам «талого» смыва за 15—20 лет. Неравномерность осадконакопления отмечена и для высокой поймы, обычно заливаемой в редкие половодья (1 раз в 15—20 лет). При этом отложившийся за один сезон слой осадков намного превышал указанные выше среднестатистические значения (0,05 мм/год). Приведенные примеры убедительно показывают, что периоды активизации (почти до катастрофической интенсивности) свойственны многим процессам. Эти данные также заставляют с большей осторожностью относиться к выделению тех или иных ведущих факторов, определяющих ход какого-либо процесса. Так, признание талого стока ведущим по отношению к ливневому в развитии склонового смыва или овражной эрозии при столь скромном сроке наблюдений, на наш взгляд, представляется далеко не однозначным. В этой связи приуменьшение роли

² Серия ливней с градом пришла на весенний период в момент отсутствия на водосборе густой травянистой растительности.

других неравномерных процессов (обвальнo-осыпных, оползневых) также не может быть вполне корректным³. Путем к разрешению этой проблемы могут служить лишь многолетние серии стационарных наблюдений, способные выявить как сами пики катастрофических активизаций на среднемноголетнем фоне, так и относительную роль этих двух составляющих единого процесса.

Полученные материалы по бассейну р. Протвы могут быть иллюстрацией особенностей движения наносов в равнинном речном бассейне со средней освоенностью территории (юг лесной зоны России). Однако, очевидно, что для других регионов (горы, полупустыни, области последнего оледенения, северные территории) соотношение (а кое-где и набор) рельефообразующих факторов будет существенно иным. Так, если в данном случае мы практически пренебрегли гравитационными склоновыми процессами, озерно-болотной аккумуляцией, золовым переносом, то в других областях эти факторы могут оказаться довольно весомыми. Все это еще раз убеждает в необходимости широкого применения балансового подхода при проведении и интерпретации данных стационарных наблюдений за современными рельефообразующими процессами в самых различных регионах и природных обстановках. Эта задача может быть успешно решена лишь при организации системы экологических постов с единой унифицированной методикой наблюдений на основе существующих пунктов гидрометслужбы, учебных полигонов вузов, научных стационаров исследовательских институтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев Г. С. Стационарные исследования геоморфологических процессов на территории бывшего СССР//Геоморфология. 1992. № 4. С. 33—41.
2. Ажигиров А. А. О роли различных денудационных процессов в развитии склонов на северо-западном Кавказе//Геоморфология. 1991. № 2. С. 46—52.
3. Голосов С. Н. Эрозионно-аккумулятивные процессы и баланс наносов в бассейне р. Протвы//Вестн. МГУ. Серия 5, География, 1988. № 6. С. 19—25.
4. Ковальчук И. П. Эрозионные процессы на Воляно-Подольской возвышенности//Эрозия почв и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1983. Вып. 9. С. 42—54.
5. Decoursey D. G. The Goodwin Creek Research Catchment. Part 2. Design philosophi//Hidrological Research Basins and Their Use in Water Resources Planning. Berne: Langeshidrologie, 1982. P. 65—73.
6. Webb B. W., Walling B. E. Stream solute behaviour in the River Exe basin, Devon, UK//Dissolved Loads of Rivers and Surface Water Quantity/Quality Relationships. IAHS publ. 1983. № 141. P. 153—169.
7. Frochlich W. The mechanisms of dissolved loads transport in flusch drainage basins//Dissolved Loads of Rivers and Surface Water Quantity/Quality Relationships. IAHS Publ. 1983. № 141. P. 99—108.
8. Martin C. L'etablissement de bilans hydrogeochimiques dans la partie occidentable du Massif de Maures. Approche methodologique//Physio-Geo. 1981. № 2. P. 39—58.
9. Исследование стока воды и наносов на склоновых водосборах в бассейне р. Протвы//Ажигиров А. А., Голосов В. Н., Добровольская Н. Г., Белоцерковский М. Ю. М.: 1987. 176 с.— Деп. в ВИНТИ 21.07.87, № 6389—В87.
10. Young A. Soil movement by denudational processes on slopes//Nature. 1960. V. 188. № 4745. P. 120—122.
11. Ажигиров А. А., Голосов В. Н. Оценка медленных смещений почвенно-грунтовых масс при инженерно-географических исследованиях//Геоморфология. 1990. № 1. С. 33—39.
12. Дедков А. П., Мозжерин В. И. Современная геоморфология: основные направления развития//Геоморфология. 1988. № 4. С. 3—8.
13. Большов С. И. История развития малых эрозионных форм краевой зоны московского оледенения (на примере р. Протвы): Дис. ...канд. геогр. наук. М.: МГУ, 1986. 258 с.
14. Голосов В. Н., Иванова Н. Н., Литвин Л. Ф., Сидорчук А. Ю. Баланс наносов в речных бассейнах и деградация рек Русской равнины//Геоморфология, 1992. № 4. С. 62—71.
15. Белоцерковский М. Ю. Вынос почвы с урожаем//Земледелие. 1987. № 12. С. 29.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
15.10.93

³ Весьма вероятно, что их объемы близки к количеству материала, поставляемому в долины рек процессами крипа.

BUDGET METHODS APPLIED TO STATIONARY STUDIES OF PRESENT-DAY GEOMORPHIC PROCESSES IN A DRAINAGE BASIN

S. I. ANTONOV, V. N. GOLOSOV

Summary

Possibilities of budget method application to studies of ways and rates of matter movement within catchment are demonstrated with an example of stationary observation data of present-day geomorphic processes in the Protva drainage basin (centre of the Russian Plain). Areas of the matter removal and sedimentation in the basin are defined, relative importance of individual processes being assessed. Budget approach is strongly recommended in studies of geomorphic processes in different regions and environments by way of creation of united network of observation stations.

УДК 551.4.013

© 1994 г. А. И. СПИРИДОНОВ

ЭНЕРГИЯ РЕЛЬЕФА

Энергетический подход к изучению рельефа земной поверхности наряду с оценкой участвующих в его формировании эндогенных и экзогенных процессов требует также учета потенциальной энергии самого рельефа. Судя по многочисленным публикациям, посвященным решению этой проблемы, понятие «энергия рельефа» следует рассматривать в двух аспектах: 1) как гравитационный энергетический потенциал земной поверхности и 2) как объемный энергетический потенциал рельефа — гравитационная энергия масс горных пород, слагающих рельеф земной поверхности и возвышающихся над эквипотенциальной поверхностью их гравитационного поля.

Согласно первому аспекту энергетический потенциал рельефа определяется его морфометрией. В Географическом энциклопедическом словаре энергия рельефа характеризуется как «размах рельефа, степень расчлененности рельефа — морфометрический показатель потенциальной интенсивности или возможности проявления тех или иных рельефообразующих процессов, учитывающий расстояние по вертикали между высшими и низшими точками рельефа данного региона и его горизонтальную расчлененность [1, с. 348]».

Морфометрия рельефа служит предметом анализа многих отечественных и зарубежных ученых. Этот анализ сопровождается построением карт густоты, глубины расчлененности рельефа, углов наклона земной поверхности и других морфометрических показателей. Карты используются при решении различных задач теоретической и прикладной геоморфологии, в частности для оценки интенсивности современных рельефообразующих процессов, однако ни одному их виду не присваивается название «карта энергии рельефа».

Впервые карты под таким названием были составлены Парчем, а после него Кребсом, Брюнингом, Шрепфером и Кальнером [2]. В качестве показателя энергии рельефа названные авторы использовали разность высот двух точек земной поверхности, равноудаленных друг от друга или расположенных на площади равновеликих квадратов. Так, для изображения энергии рельефа Южной Германии Крепс применил способ изолиний относительных высот, проведенных по набору данных о разностях высот точек земной поверхности, удаленных друг от друга на 5 см. Брюнинг, Шрепфер и Кальнер при построении карты (точнее, картограммы) энергии рельефа Гарца м-ба 1 : 465 000, Западной Германии