

**ENVIRONMENT AND AGE OF MARGINAL FORMATIONS
OF THE LAST ICE SHEET IN THE SOUTH-EASTERN KOLA PENINSULA**

V. G. Bakhmutov, V. Ya. Evzerov, G. F. Zagnii, V. V. Kolka,
E. O. Gorbunov

Summary

Studies of marginal features in the south-eastern Kola Peninsula provided evidences that the eastern part of the northern Terskiye Keivy complex began to form between the Ponoï ice dome and the White Sea ice lobe, and later developed along the latter's margin. The process most probably took place during the whole Oldest Dryas stage. The second marginal belt (situated further to the south) was formed also by the ice lobe which flowed along the White Sea basin, but is attributed to the Older Dryas. Therefore for the first time the data are obtained which clearly indicate marginal features corresponding to the Luga and Neva glacial stages to be formed in the Kola Peninsula.

УДК 551.312.3(282.247.3)

Ш. В. ДЖАОШВИЛИ

**ОСОБЕННОСТИ РУСЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
НА РЕКАХ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ**

Русловые процессы, как и все другие природные явления, подчиняются зональности. Впервые это было подчеркнуто Н. И. Маккавеевым [1]. В горных странах разнообразие природы и орографии определяет четко выраженную вертикальную зональность руслоформирующей деятельности водных потоков. Реки, истоки которых находятся в снеголедниковой зоне, а устья на уровне моря, пересекают все природно-ландшафтные пояса, при этом меняются условия транспортировки наносов и руслоформирующая деятельность. Ярким примером района со специфичной вертикальной зональностью русловых процессов является Западная Грузия.

Русловые процессы и движение наносов на горных реках протекают гораздо сложнее и разнообразнее по сравнению с равнинными реками. Главная особенность водных потоков в горах — их высокая кинетичность, волновой характер прохождения паводков и в целом ряде случаев соизмеримость глубин потока с крупностью русловых отложений. Ввиду этого горные реки во время паводков могут перемещать исключительно крупный материал [2]. Р. С. Чаловым выделено три типа речных русел: горные, полугорные и равнинные. В свою очередь горные делятся на три подтипа: с развитыми аллювиальными формами, с неразвитыми аллювиальными формами и порожисто-водопадными [2].

Формирование русел — саморегулируемый процесс, который зависит от водности реки, транспортирующей способности потока, интенсивности денудации и размеров переносимых им частиц [1—3]. В связи с этим на равнинных и горных реках резко различаются формы перемещения наносов, особенно влекомых. На равнинных реках в легкие песчаные наносы в основном перемещаются донными грядами. В отличие от них на горных реках в зависимости от бурности потока наносы перемещаются неоднородно. При больших скоростях потока и критических значениях числа Фруда преобладает «гладкая фаза» движения наносов, когда наносы перемещаются сплошным слоем, а в большинстве случаев жилами, приуроченными чаще к стержню потока. В таких случаях русла отличаются равномерным распределением глубин по длине потока, на-

рушаемым крупными валунами. При уменьшении уклона и числа Фруда в руслах возникают аллювиальные гряды (антидюны и дюны), сложенные крупной галькой [2].

В Западной Грузии встречаются все существующие морфодинамические типы рек, что обусловлено большими высотными перепадами и четко выраженной вертикальной зональностью природных явлений. Реки, при относительно небольших бассейнах, по длине меняют все основные показатели морфологии и динамики русла — уклоны, скорость течения, водность, строение поймы и т. д. Например, р. Риони от истока до устья на протяжении 327 км из высокогорной реки с порожисто-водопадным руслом превращается в типичную равнинную. В целом из порожисто-водопадного типа русла постепенно переходят в предгорный тип, но нередко имеют место аномальные явления, когда после спокойного потока русло вновь превращается в порожисто-водопадное.

Реки Западной Грузии выходят из гор на разных абсолютных высотах. В зависимости от орографического строения бассейна этот показатель в большинстве случаев колеблется в пределах 100—200 м. С выходом на предгорную равнину резко падают уклоны русла. В верховьях падения обычно превышают 100 м на километр, в среднегорье этот показатель колеблется в пределах 30—80 м и после выхода рек из ущелья уменьшается до 0,5—5 м.

Порожисто-водопадный тип русла распространен главным образом в верховьях рек, но встречается в среднегорье и даже близ моря (Мегахдыр, Жовеквара, Чигирипш, Гагрипш, Королисцкали и реки Эшерских холмов). На реках с порожисто-водопадными руслами высокая кинетическая энергия потока свободно перемещает продукты обвалов и осыпей. Мощные паводки в большинстве случаев формируются ежегодно в результате выпадения проливных дождей, во время таяния снега. В этих условиях значительно усиливается склоновая эрозия. При расходах 5% обеспеченности происходит частичное переформирование русла. Поток с расходом воды 1—2% обеспеченности полностью изменяет облик русла, а при наличии поймы изменяет и ее. Расходы особенно редкой повторяемости (0,1—0,5%) сдвигают весь рыхлый материал независимо от крупности, и поток начинает полностью управлять руслом, хотя в целом на таких реках русла управляют потоком. Так, например, в августе 1966 г. на р. Зопхитура (верховья Риони) наблюдалось прохождение паводка ~0,1% обеспеченности. В бассейне реки с двумя ледниками за 2 дня выпало больше 100 мм осадков. В обычных условиях расход воды составлял 4—6 м³/с, скорость — 4—6 м/с, крупность перемещаемых донных наносов были в среднем 10 см. При расходе 50 м³/с в движение пришли валуны диаметром 0,5—1 м, поток создавал побочни в виде беспорядочных нагромождений, отдельные камни вылетали из потока. Переместилась на расстояние 8 м глыба весом не менее 5—6 т, которая служила опорой гидрометрического моста, при этом река несла сплошной слой смеси песка, гальки и валунов максимальной крупности 20—30 см. Концентрация мутности достигала 4000 г/м³, что сильно повышало турбулентность потока. При этом во взвешенном состоянии проходили не только песок и гравий, но и галька средней крупности. Описанный случай, конечно, относится к редким явлениям природы, но морфологический облик водопадно-порожистых русел создается именно при таких паводках.

Важную роль в динамике русел горных рек и формировании стока наносов играют сели и оползни. Поступление большой массы обломочного материала за короткий период радикально меняет морфологию русла. Обычно для полного размыва селевого конуса выноса или обвала в реке требуется 4—7 лет. Увеличение объемов выноса наносов к устьям отмечается при ливнях 5%-ной и особенно 2%-ной обеспеченности [4].

Горные реки с неразвитыми аллювиальными формами занимают наименьшую площадь в Западной Грузии. Такой тип русел обнаруживается в верхних течениях всех крупных рек, где они встречаются ниже зоны распространения порожисто-водопадных русел. Горные реки с развитыми аллювиальными фор-

мами приурочены к среднегорной зоне. Такие русла характерны для большинства средних и крупных рек в их средних течениях. В прибрежной зоне они относительно редки.

Полугорные реки широко развиты в предгорьях, они часто встречаются и в прибрежной зоне. В зависимости от сезона и водности года на этих реках сильно варьирует число Фруда, что коренным образом изменяет форму транспортировки донных наносов. В первой половине половодья преобладает «гладкая фаза» движения наносов. В этот период происходит формирование русла. Далее, с понижением уровня воды в реке, поток становится более спокойным. Начинают появляться антидюны, побочни и другие аккумулятивные формы. Движение донных наносов постепенно приближается к грядовой форме. Формы перемещения наносов изменяются также по длине равнинного участка рек. Образованные в предгорной зоне побочни характеризуются устойчивостью планового положения, но их поверхность сильно деформируется за счет подвижного слоя наносов [5].

Формы перемещения наносов носят временный характер и изменяются в зависимости от сезона и мощности половодья. По-разному происходит это на крупных, средних и малых реках. В результате непосредственных наблюдений (при возможности — водолазных) обнаружено, что на реках Бзыби и Кодори, где глубины превышают 2 м, переход от «гладкой фазы» к грядковому движению наносов осуществляется при скоростях 2—2,5 м/с. На реках Псоу, Гумиста, Кинтриши (глубины 1—1,5 м) переходными чаще бывали скорости 1,7—2,2 м/с. На реках Окуми и Моква, где преобладают гравийные наносы, при тех же глубинах гряды образовывались при более низких значениях скоростей. При «гладкой фазе» в процесс перемещения вовлекаются более крупные наносы. С переходом на грядовое движение гранулометрический состав наносов резко уменьшается. Временный характер перемещения наносов более четко выражен на реках с порожисто-водопадными руслами. Накопленный за длительное время (иногда за несколько лет) обломочный материал паводочной волной выносятся в море за 1—2 дня.

Наблюдения за перемещением наносов проводились при помощи меченой гальки. В реки загружались дополнительные порции инородных наносов идентичной с естественными крупности, но которые от них легко отличались. На р. Бзыби в качестве индикатора применялся базальт, на реках Чаквисцкали и Королисцкали — белый известняк. В наносах этих рек такие породы отсутствуют, что облегчало поиск индикаторов. Количество дополнительного материала на Бзыби составляло 200 т (он загружался в 5 км от устья), а на Королисцкали и Чаквисцкали — по 30 т. На первой дополнительный материал был внесен в 7 км, а на второй — в 10 км от устья. К отдельным камням привязывались поплавки на шелковой нитке. Индикаторы с поплавками применялись также на других реках. По мере возможности над индикаторами проводились также водолазные наблюдения.

Результаты наблюдений можно изложить следующим образом. В начальной стадии дополнительная порция, оказавшись на поверхности дна, перемещается быстрее естественного аллювия, чему способствуют также угловатые формы индикаторов. Далее скорость перемещения замедляется, и индикаторы полностью «растворяются» в естественных наносах, перемещаясь вместе с ними. Обычно перемещение происходит отдельными рывками. Срыв отдельного обломка часто провоцировал нарушение устойчивости на значительной площади (до 0,5—1 м²), и вся эта масса увлекалась течением. При этом камни рассеивались и переносились на разные расстояния. Следующий этап — переход индикаторов в разряд руслообразующих, что является результатом интенсивного перемещения наносов в придонном слое. Многие индикаторы обнаруживались захороненными на глубине 3—5 см. Дальнейшие наблюдения показали, что дополнительный материал в течение нескольких лет выносился в море реками и в русле их становилось с каждым годом все меньше (меченые наносы легко

обнаруживались при зимней межени). На р. Бзыби отдельные куски базальта можно было обнаружить в течение 12 лет (1973—1985 гг.). В русле Чаквисцкали, в пределах приморской равнины, некоторые индикаторы находятся по сей день, хотя их преобладающее большинство вынесено в море за первые 2 года (1984—1985 гг.). Порожисто-водопадное русло Королисцкали заполнено крупными глыбами (0,5—1 м), которые сильно препятствуют продвижению наносов. На этой реке основная часть индикаторов попала в углубления между глыбами, где скорости потока значительно ниже.

В центральной части Колхиды реки Риони, Хоби, Супса и Ингури характеризуются морфологическими особенностями, свойственными равнинным рекам. К этой же группе относятся нижние течения малых рек Окуми, Гагида и Сефа. Четче эти особенности проявляются на Риони, которая на протяжении около 100 км течет вдоль центральной оси Колхидской низменности. Из-за постоянной аккумуляции наносов дно реки на 2—4 м поднято над окружающей территорией. Во избежание разливов берега защищены земляными валами. Обвалованы также берега р. Хоби на протяжении 20—25 км. Реки Хоби и Супса на последних 50 км обнаруживают признаки равнинной реки. Песчаные наносы этих рек в основном перемещаются в форме гряд. Реку Ингури к равнинному типу можно отнести условно, и то только после перекрытия реки плотиной, после чего сток многократно уменьшился. В нижнем течении по песчано-гравелистому дну наблюдается грядовое перемещение наносов. До перекрытия реки грядовое движение наносов имело место лишь на приустьевом участке. Раньше в наносах Ингури обнаруживалась и галька, которая сейчас полностью отсутствует.

Эхолотирование дна Риони (как в основном русле, так и в рукавах дельты) показало, что высота гряд в среднем составляет 0,5—0,6 м (точность эхолота ± 10 см). Максимальной высоты гряды достигали при скоростях 1,5 м/с, после чего они исчезали; очевидно, выше указанной скорости наносы начинают перемещаться сплошным слоем [6]. В прошлом в пределах Колхидской низменности р. Риони всегда меандрировала, о чем свидетельствуют озера-старичьи. В настоящее время меандрирование ограничено искусственными валами.

Руслоформирующие расходы на реках Западной Грузии в целом имеют неодинаковую обеспеченность. На одних и тех же реках изменения в русле происходят при разных расходах, хотя и близких по значению. Основные переформирования русла наблюдаются в начальной стадии половодья и во время максимума. На спаде изменения незначительны. По данным Н. В. Рухадзе [7], продолжительность прохождения руслоформирующих расходов на больших реках 30 дней. С уменьшением водности и площади водосбора этот показатель уменьшается, и на реках с порожисто-водопадным руслом руслоформирующие расходы проходят раз в 3—5 лет.

Крупность аллювиальных отложений зависит от многих природных факторов бассейна и транспортирующей способности потока. Их гранулометрический состав по длине реки в целом уменьшается. Реки Риони, Хоби и Супса в море выносят только песок, тогда как в верховьях они транспортируют валуны. Уменьшение крупности происходит не плавно, что объясняется поступлением из притоков наносов разной крупности. Особенно четко это выражено на Риони. В пределах равнинного участка, в местах впадения притоков с более высокой транспортирующей способностью, на дне наблюдаются скопления более крупных наносов в виде своеобразных конусов выноса значительной мощности. При межени конус перекрывается слоем песка толщиной 10—30 см. Этот материал обычно выносится при особо сильных паводках. Так, например, во время мощного паводка в январе 1987 г. произошла полная перестройка всего русла, весь материал пришел в движение, даже в дельте была обнаружена галька и значительное количество гравия. После окончания паводка по всей длине равнинного участка наблюдался только песок. На преобладающем большинстве крупных и средних рек (Бзыбь, Кодори, Псоу, Гумиста и др.) гранулометрический состав русловых отложений плавно уменьшается от истоков

к устьям. Также постепенно происходит измельчение подвижных фракций донных наносов.

В некоторых случаях, когда приморская равнина протягивается узкой полосой (северо-западная часть Абхазии и в особенности Аджарии), где реки вблизи устьев по своему морфологическому облику приближаются к порожиисто-водопадному типу, можно наблюдать обратную картину. В устьевой области на протяжении 1—2 км валуны в отмошке по крупности превосходят гранулометрический состав русловых отложений в верховьях. Это аномальное явление наиболее отчетливо выражено на р. Королисцкали и на соседних водотоках — Чаквисцкали и Барцхана. В результате мощнейших паводков в 1940—1942, 1949 и особенно 1962 г., когда расходы воды приближались к 1—2% обеспеченности, весь рыхлый материал в русле реки был вынесен потоком. С уменьшением уклонов и расширением долины разлившийся поток резко потерял транспортирующую способность, а преобладающая часть крупного материала (до 0,5—1,0 м) осталась в русле и на пойме, образовав мощный конус выноса. Часть крупного материала, вынесенного в море и не вовлеченного во вдольбереговой поток, образовала мощные подводные авандельты, значительно выступающие в море.

Анализ особенностей русловых процессов на реках Западной Грузии дает право заключить, что динамика и морфология русел крупных рек отражает четко выраженную вертикальную зональность. С высотой местности меняются уклоны, транспортирующая способность потока, крупность аллювия и формы его перемещения. Вместе с тем типичные горные русла малых рек встречаются близ моря, что определено большими уклонами и местными природными условиями. В целом особенности русловых процессов оказывают значительное влияние на динамику береговой зоны, от их интенсивности зависят объемы поступления наносов в море и их крупность. Таким образом, высотное положение и уклоны прилегающей суши оказывают на морфологию морских берегов значительное влияние, которое обусловлено цепью русловых изменений по всей длине реки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маккавеев Н. И.* Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 346 с.
2. *Чалов Р. С.* Географические исследования русловых процессов. М.: Изд-во МГУ, 1979. 232 с.
3. *Маккавеев Н. И., Беркович К. М., Мандыч А. Ф., Чалов Р. С.* Классификация речных бассейнов Западной Грузии по признакам, определяющим интенсивность денудации // Геоморфологические и гидрологические исследования. М.: 1968. С. 13—23.
4. *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.
5. *Виноградов Н. Н.* О роли побочной и осередков в транспорте наносов горных рек // Вестн. МГУ. География. 1989. № 6. С. 98—102.
6. *Ракитин В. В.* Сток наносов р. Риони / НПО «Грузморберегозащита». Тбилиси, 1986. 7 с. Деп. в ГрузНИИТИ. № 218Г.
7. *Рухадзе Н. В.* Статистические связи между транспортом влекомых наносов и гидравлическими элементами русла горных рек // Тр. ЗакНИГМИ. Вып. 48(54). Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 29—30.

НПО «Грузберегозащита»

Поступила в редакцию
16.II.1990

Sh. V. Djaoshvili

Summary

Results are discussed of channel processes studies in Western Georgia. The channels dynamics and morphology are found to depend on the land altitude and slope which accounts for a distinct altitudinal zonality of the channel-forming activity of streams. Channel processes influence considerably the coastal zone dynamics.

УДК 551.462

Н. В. ЕСИН, В. М. ПЕШКОВ, А. Е. ШЛЕЗИНГЕР

ЭРОЗИЯ ДНА МОРЯ ОСАДКОМ

По материалам сейсмических исследований на ряде участков древнего и современного континентального склона Черного моря обнаружены срезы слоев осадочного чехла, связанные с процессами плоскостной подводной эрозии [1]. Максимальному срезу обычно подвергаются относительно мягкие песчано-глинистые породы олигоцена и миоцена. На Гудаутской акватории моря эрозионный срез достигает нескольких километров. Визуальный осмотр шельфа и континентального склона этого района, выполненный с участием одного из авторов статьи [2], показал, что подводная эрозия активно протекает здесь и в настоящее время. Подводный рельеф осложняется в результате дезинтеграции и сползания вниз слабоуплотненных глин, а также под действием движущегося осадка. В настоящей работе предлагается теория подводной эрозии, в которой осадок рассматривается как вязкая или вязкопластичная жидкость. Рассматриваемый процесс предлагается назвать эрозией осадком.

Для описания процесса эрозии осадком используем некоторые закономерности эрозионного процесса. Механизм разрушения породы движущейся водой описывается соотношением [3]

$$V_n = \varepsilon(\tau - \tau_n), \quad (1)$$

где V_n — нормальная скорость отступления склона; τ — касательное гидродинамическое напряжение на поверхности породы, возникающее при движении воды; τ_n — предельное напряжение, при котором начинается разрушение породы. В случае турбулентного движения воды τ определяется по формуле [4]

$$\tau = \xi \rho U^2 \quad (2)$$

Здесь ρ — плотность воды; U — скорость ее движения; ξ — коэффициент, определяемый по формуле Кармана. В [5, 6] приводятся значения предельных неразмывающих скоростей воды U_n ($\tau_n = \xi \rho U_n^2$) для различных пород. Для глин они лежат в интервале от 0,5 до 2 м·с⁻¹. Неразмывающей скорости $U_n = 2$ м·с⁻¹ соответствует (при $\xi = 0,025$) неразмывающее напряжение $\tau_n = 100$ н·м⁻².

В [7] показано, что движение ила при небольших уклонах дна моря можно рассматривать как ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости и описывать уравнениями Навье — Стокса. В этом случае гидродинамическое напряжение у дна определяется по формуле [8]

$$\tau = \rho_0 \nu U' \Big|_{z=0}$$