

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 528.718 : 551.435.6 (479.22)

Р. Г. ГОБЕДЖИШВИЛИ**ИЗУЧЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ
В ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ
МЕТОДОМ ПОВТОРНОЙ ФОТОТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ**

В настоящее время наблюдается большой прогресс в применении точных методов исследования для изучения экзогенных рельефообразующих процессов, в результате чего мы получаем возможность количественно оценить развитие процессов в пространстве и времени. Последнее обстоятельство требует от геоморфологов все большей полноты полевого материала, точности наблюдаемых фактов и достоверности выводов. Ввиду того, что инструментальные наблюдения необходимо проводить за сравнительно короткие промежутки времени, в течение которых следует изучить качественную характеристику исследуемого объекта и выявить его соответствующие количественные параметры, при исследовании экзогенных рельефообразующих процессов весьма эффективен стереофотограмметрический метод.

Применение этого метода для изучения гравитационных процессов в условиях горной территории Западной Грузии было начато нами в 1968 г. в долине р. Хотевури (бассейн Риони). При рекогносцировке исследуемого объекта для стационарных наблюдений нами (при консультации Д. А. Лилиенберга и Н. С. Благоволина) были выбраны основные ключевые участки, одним из которых является правый склón долины р. Хотевури вблизи с. Хотеви. В данной статье рассматриваются результаты изучения процессов денудации и перемещения обломочного материала осыпей по склону. Для изучения динамики осыпей использовался метод повторной фототеодолитной съемки. Первая съемка была проведена в июле 1968 г., повторные — в июле 1970 г. и в июле 1971 г.

Долина р. Хотевури врезана в южное крыло Рачинско-Лечхумской синклинали, которое сложено комплексом слоистых меловых известняков турон-датского яруса и залегающими на них мергелями. Общее простирание складки северо-западного — юго-западного направления при углах падения 25—35°.

Склоны ключевого участка имеют западную экспозицию. В горных условиях Западной Грузии положение склонов и особенности суточных колебаний температуры воздуха во второй половине дня и в вечерние часы способствуют усиленному физическому выветриванию коренных пород. Средняя высота склона над днищем долины 100—110 м, горизонтальное заложение 90—100 м при длине 1,5 км. Крутизна склона различна на разных участках и колеблется от 40—50 до 80—90°. Верхняя



Рис. 1. Фотопанорама осыпного склона на правом берегу р. Хотевури.

Пунктирными линиями ограничены участки наиболее интенсивных изменений поверхности склона. I, II — номера участков; а — часть зоны денудации, из которой около 50% денудированного материала уходит за пределы изображенных конусов; б — часть зоны денудации с максимальными изменениями склона; в — часть зоны аккумуляции, в пределах которой поступивший материал размывается рекой

часть представляет основную область денудации, а средняя и нижняя образуют соответственно зону транзитного перемещения и аккумуляции осыпного материала. Профиль склона в его средней части имеет в целом выпуклую форму. Характер происходящего на склоне перемещения рыхлого осыпного материала обуславливает формирование конусообразного типа осыпей (рис. 1).

Склон, противоположный изучаемому объекту (левый склон долины р. Хотевури), имеет крутизну $30-35^\circ$. На нем был расположен фототео-долитный базис, точки которого были тщательно забетонированы (с учетом необходимости проведения повторных работ). Длина съемочного базиса 10,74 м; он отстоит от подножия изучаемого склона на 100 м. Использовались стандартные случаи съемки (нормальный и со скосом в $31,5^\circ$ влево и вправо).

Взаимное сопоставление контактных отпечатков разных периодов съемки позволило выявить те общие качественные и количественные изменения, которые претерпел осыпной склон. В частности, хорошо прослеживается рост объема аккумулятивного конуса у подножия склона и изменение фракционного состава осыпного материала.

Чтобы количественно охарактеризовать протекающие на склоне гравитационные процессы, необходимо было выделить внутри самого объекта качественно отличные участки денудации и сопряженные с ними участки аккумуляции. С этой целью на стереоавтографе Цейсс-1318 ЕЛ был составлен детальный план склона в масштабе 1 : 500 с высотой сечения рельефа горизонталями $\Delta h = 1$ м. На плане были околонтурены зоны денудации и соответствующие им конусы осыпей (участки I и II). Последние образуют зону аккумуляции, в которой по натурным наблюдениям остается приблизительно 80—90% материала, поступающего из сопряженной зоны денудации (а остальная попадает в конус соседней осыпи). На этом же плане были выделены также участки коренных пород, лишь слегка прикрытых рыхлыми отложениями. Кроме того, были показаны также основные направления движения выветрелого материала.

Совмещенный план по материалам съемок 1968, 1970 и 1971 гг. был построен в масштабе 1 : 250 (масштаб моделей 1 : 500) в условной системе координат с сечением горизонталей $\Delta h = 5$ м (рис. 2). Идентичные горизонталы каждого периода проводились на плане разным цветом. Для контроля и повышения точности совмещения материалов обработки повторных съемок использовались одни и те же контрольные точки.

При сравнении горизонталей съемок 1968 и 1970 гг. хорошо видны существенные изменения, происшедшие в рельефе поверхности склона за два года. В зоне денудации заметно смещение горизонталей вниз — по направлению, совпадающему с основным направлением осыпей. Третья съемка 1971 г. показала еще более интенсивную деформацию поверхности склона в ту же сторону. После сравнения положения горизонталей разных лет были окончательно уточнены участки, где должны производиться детальные исследования для получения количественных показателей процессов с помощью стереоавтографа.

Для количественной характеристики склоновых процессов, в частности для определения изменения высот отдельных точек поверхности склона, мы применили метод детальной сетки (Цветков, 1969; Благоволлин, Цветков, 1971) с размером квадратов $2,5 \times 2,5$ м на местности (1×1 см на плане). В 700 точках сетки для каждой из трех съемок были определены высоты (H) точек с помощью высотного счетчика стереоавтографа, а затем вычислены соответствующие величины изменения высоты поверхности для каждой точки детальной сетки (ΔH). Для каждого участка были измерены площадь (S м²), а по детальной сетке для каждого интервала между повторными съемками — средняя мощность ($\Delta H_{\text{ср}}$) слоев денудации и аккумуляции. С помощью этих данных были вычислены объемы материала (V , м³) в описываемых зонах денудации и аккумуляции (таблица).

Динамика перемещения материала на склоне долины р. Хотевури

Периоды съемки, годы	Зона денудации			Зона аккумуляции			Баланс материала, V , м ³
	площадь S , м ²	средняя мощность слоя $\Delta H_{\text{ср}}$, м	объем слоя V , м ³	площадь S , м ²	средняя мощность слоя $\Delta H_{\text{ср}}$, м	объем слоя V , м ³	

I участок

1968—1970	862	—0,38	—328	712	+0,54	+384	+ 56
1970—1971	862	—0,50	—431	712	+0,74	+527	+ 96
1968—1971	862	—0,88	—759	712	+1,28	+911	+152

II участок

1968—1970	1875	—0,42	— 787	1431	+0,48	+ 687	—100
1970—1971	1875	—0,32	— 600	1431	+0,38	+ 544	— 56
1968—1971	1875	—0,74	—1387	1431	+0,86	+1231	—156

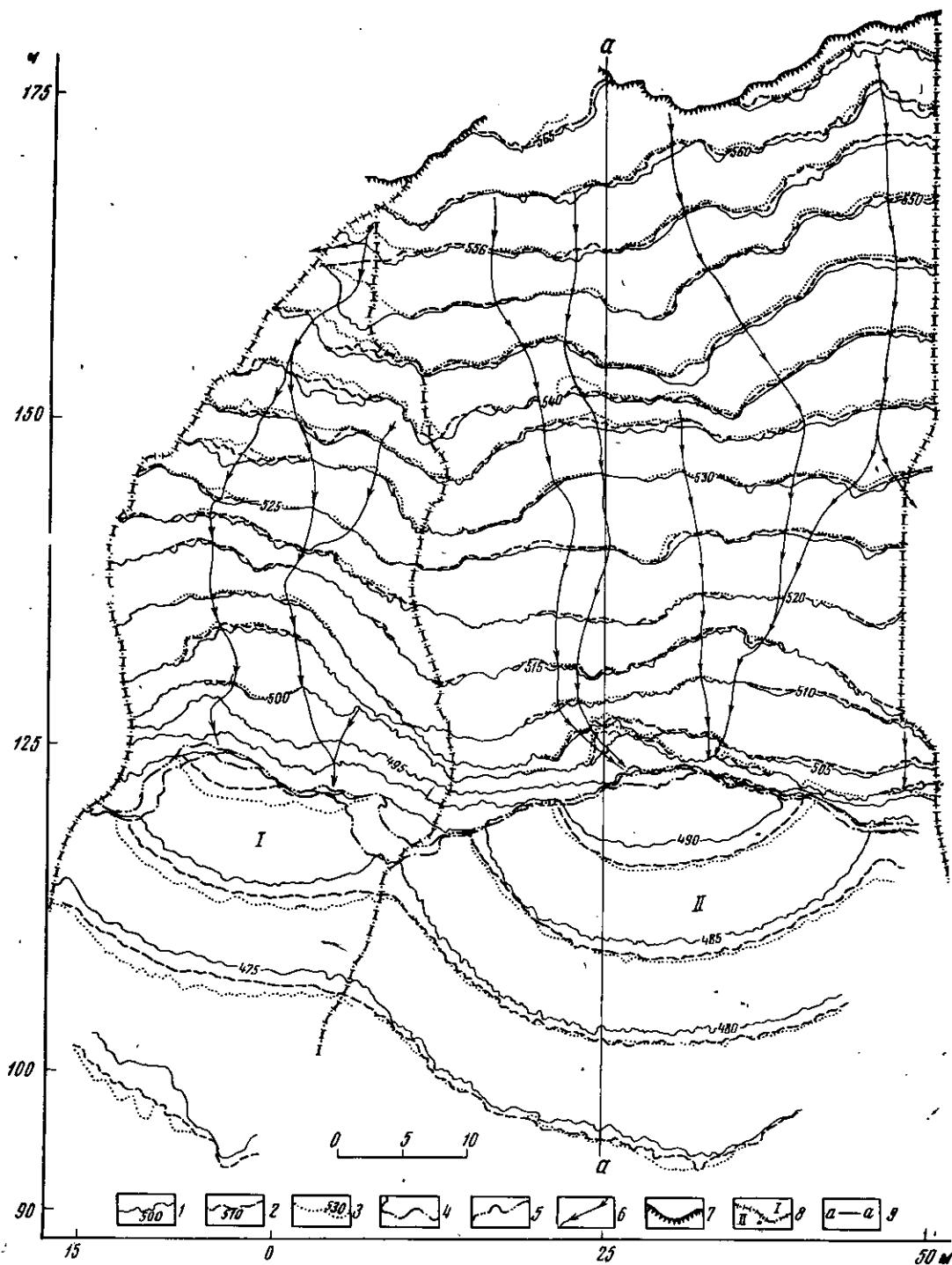


Рис. 2. Совмещенный план 3-кратной фототеодолитной съемки осыпного склона на правобережье р. Хотевури.

1 — горизонталы (через 5 м) поверхности склона по съемке 1968 г.; 2 — то же в 1970 г.; 3 — то же в 1971 г.; 4 — граница между зонами денудации и аккумуляции в 1968 г.; 5 — то же в 1971 г.; 6 — основные направления движения денудированного материала; 7 — бровки микроуступов склона; 8 — границы отдельных участков денудации; 9 — линия профиля (см. рис. 3)

Изложенный выше фактический материал дает возможность охарактеризовать количественно развитие отдельных участков в интервалах между съемками.

Анализ приводимой таблицы показывает, что на протяжении трех-циклового периода наблюдений (1968—1970, 1970—1971, 1968—1971 гг.) зоны денудации и аккумуляции (на обоих участках) характеризуются неравномерной скоростью деформации поверхности склона и перемещения осыпного материала. В то же время на первом и втором участках суммарная мощность и объем выветренного и аккумулярованного материала первых двух периодов 1968—1970 и 1970—1971 гг. равны мощности и объему выветренного и аккумулярованного материала за общий цикл наблюдений 1968—1971 гг.

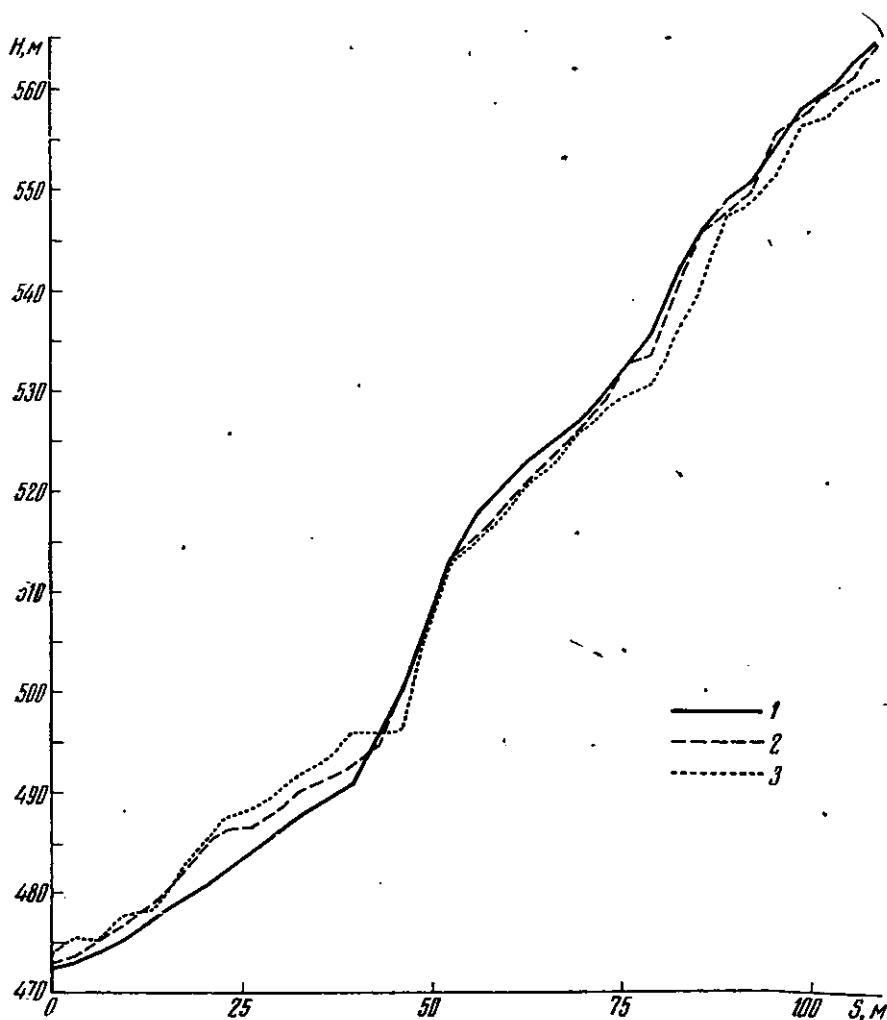


Рис. 3. Изменения поверхности осыпного склона (поперечный профиль).

1 — профиль поверхности склона по съемке 1968 г.; 2 — то же в 1970 г.; 3 — то же в 1971 г. (вертикальный масштаб для 1970—1971 гг. увеличен вдвое)

Как было отмечено выше, на каждом участке мы выделяем зоны денудации и аккумуляции. На I участке, по натурным наблюдениям, 80—90% материала, поступившего из зоны денудации сосредоточивается путем свободного движения по склону в соответствующей аккумулятивной зоне, а остальная часть выносится за пределы данной зоны аккумуляции.

Кроме того, на первом участке фактический объем материала денудации меньше, чем соответствующая величина образованного им аккумулятивного конуса осыпи, что объясняется увеличением объема рыхлого материала после его отложения по сравнению с исходным объемом разрушенной части коренных пород. Последний процесс является основной причиной того, что общий баланс материала в динамической системе денудация — аккумуляция на I участке оказывается положительным.

На II участке материал из зоны денудации попадает в соответствующую ей аккумулятивную зону не полностью. В частности, почти 50% материала с микроучастка *a* (рис. 1) попадает на конус другой осыпи, а материал с микроучастка *b* (рис. 1) аккумулятивной зоны систематически выносится за счет подмыва р. Хотевури. В связи с этим общий баланс материала в динамической системе денудация — аккумуляция на II участке оказывается отрицательным.

Внедрение в геоморфологию точных инструментальных методов исследований нередко приводит к слепому, механическому подходу при оценке получаемых с их помощью данных. Приведенные выше примеры показывают, какие логические и фактические ошибки могут возникнуть при таком подходе. Как бы точны ни были сами методы измерений, необходимо иметь в виду существо тех геоморфологических процессов, для изучения которых они применяются. В этом отношении нельзя считать, что баланс материала зон денудации и аккумуляции может быть только нулевым. Здесь неприменимо простое правило сложения и вычитания.

Известно, например, что в процессе выветривания и последующего перерождения материал бывших коренных пород разрушается и увеличивается в объеме по сравнению с первоначальным объемом этих пород. Если бы материал из зоны денудации целиком поступал в соответствующий аккумулятивный участок, то для обоих участков суммарное соотношение объемов материала в зонах денудации и аккумуляции (баланс материала ΔV) было бы не только положительным, но и большим по сравнению с первым участком.

Кроме того, следует учитывать, что в аккумулятивной зоне происходят и другие важные геоморфологические процессы. Так, в результате действия силы тяжести и наложения друг на друга аккумулятивного материала разных периодов поступления происходит прессировка и диагенез рыхлых отложений, что вызывает соответствующее уменьшение их объема. Атмосферные осадки, попадающие в пределы аккумулятивной зоны, и водные потоки из расположенной выше по склону зоны денудации также приводят к оседанию поверхности аккумулятивного конуса осыпи. Кроме того, в нашем случае происходят также растворение (так как основные породы — известняки) и вынос рыхлого материала (особенно мелких фракций), что вызывает соответствующее уменьшение его мощности и объема.

Трехлетний цикл наблюдений (1968—1971 гг.) делится на два различных по длительности периода: двухгодичный (1968—1970) и одногодичный (1970—1971). В зонах денудации и аккумуляции первого участка как объем, так и мощность денудационного и аккумулятивного слоя за одногодичный период намного превышают аналогичные показатели двухгодичного периода. На первый приходится 56,8% объема и 62,5% мощности слоя всего материала денудации и 57,8% объема и 57,8% мощности аккумулятивного материала. Такие вариации активности склонового процесса обусловлены в данном случае обваливанием материала в верхней части денудационного склона в 1971 г.

На втором участке на годичный период наблюдения приходится 43,3% объема и 43,2% мощности слоя всего денудированного и 44,2% объема и 44,2% мощности всего аккумулятивного материала.

Такая активность склоновых процессов обоих участков в одногодичном периоде по сравнению с двухгодичным, по нашему мнению, связана

с VI—VII-балльным землетрясением, происшедшим весной 1971 г., которое вызвало усиление обвальных процессов на склоне. Нужно отметить, что для исследуемого района вообще характерны землетрясения разной балльности. После сильных сейсмических толчков легко обваливаются отдельные, наиболее выветрелые выступы пластов и неустойчивые отделимости на склоне. В этом смысле можно говорить о прямой связи между современными эндогенными и экзогенными процессами в горных районах Западной Грузии. Периодам активизации современных вертикальных движений соответствуют периоды резкой активизации экзогенных рельефообразующих процессов, в первую очередь гравитационных (Гобеджишвили; Кошкина, Лилиенберг, 1972).

Для более наглядного представления о динамике процессов выветривания и движения свободного осыпного материала на основе полученных количественных данных мы построили вертикальный профиль топографической поверхности склона (рис. 3). На оси абсцисс нанесены расстояния, а на оси ординат — высоты. Профиль топографической поверхности 1968 г. как по вертикальному, так и по горизонтальному направлениям построен в одном масштабе (1 см=2,5 м), а при нанесении данных 1970 и 1971 гг. вертикальный масштаб увеличен (1 см=50 см). Это позволило более наглядно показать изменения в рельефе поверхности склона для различных интервалов времени. Выявленные изменения зависят прежде всего от характера и степени выветриваемости пластов известняка.

На профиле хорошо видно, что форма склона существенно различается на разных его отрезках. Несмотря на это, в центральной части склон имеет в целом выпуклую форму. Склоновые процессы в настоящий момент стремятся придать ему прямолинейную форму, вследствие чего в последующее время можно ожидать ослабления активности этих процессов.

Изучение интенсивности обвально-осыпных процессов и формирования конусов осыпей на ключевых участках позволяет сопоставить полученные результаты с тенденцией развития осыпных шлейфов на прилегающих участках склонов долины. Днище долины р. Хотевури на расстоянии ближайших 1,5 км покрыто конусами осыпей. Этот материал размывается и выносится рекой, отлагаясь ниже в долине р. Крихула вблизи г. Амбролаури (сам город строится также на обширном конусе выноса).

При проектировании дальнейшего строительства в городе необходимо принять во внимание, что в периоды активизации современных тектонических движений и современных склоновых процессов конусы выноса нередко перекрывают днище долины и создают благоприятные условия для возникновения мощных селей, особенно при обильных атмосферных осадках. В результате полевого полуинструментального профилирования и при помощи графического метода мы попытались определить общий объем осыпных конусов на дне долины. Учитывая интенсивность современных склоновых процессов на ключевых участках, мы определили время формирования наиболее молодых конусов осыпей на дне долины р. Хотевури. Эти наблюдения и расчеты показали, что образование конусов осыпей последней генерации началось всего 20—25 лет назад и что они продолжают интенсивно развиваться. Таким образом, изучение генезиса осыпных конусов в долине р. Хотевури и их количественных характеристик имеет существенное практическое значение.

Описываемый вид склоновых гравитационных процессов в целом характерен и для смежных горных известняковых районов Западной Грузии. Поэтому полученные нами качественные и количественные данные можно использовать для оценки динамики этих процессов в других подобных районах Грузии.

- Благоволин Н. С., Цветков Д. Г. Опыт применения повторной наземной фотограмметрической съемки для изучения динамики рельефа.— Геоморфология, № 1, 1971.
- Гобеджишвили Р. Г., Кошкина Г. А., Лилиенберг Д. А.— Соотношение современных тектонических движений и экзогенных процессов в долине р. Риони (Западная Грузия).— Современные движения земной коры (тез. VI Всес. совещ. по современным движениям земной коры). Таллин, Изд-во АН ЭССР, 1972.
- Цветков Д. Г. Определение изменения объема горных ледников по материалам стереофотограмметрической съемки.— В сб.: Материалы гляциологических исследований (хроника, обсуждения), № 15, М., 1969.
- Институт Географии АН ГрузССР

Поступила в редакцию
22. III. 1972 г.

STUDY OF GRAVITATIONAL PROCESSES IN WEST GEORGIA BY METHODS OF REITERATED PHOTOTHEODOLITE SURVEY

R. G. GOBEJISHVILI

Summary

The method of phototheodolite survey was first used by us in 1968 when studying gravitational processes in the Rioni river valley (West Georgia). On reconnaissance of the region key sites were chosen for stationary observations. One of the sites is situated at the right slope of the Khotevuri river valley near Khotevi village and is built of laminated Cretaceous limestones. The first phototheodolite survey was done in 1968 and repeated in 1970 and 1971. The phototheodolite data were proceeded by a stereoautograph El 1318. For all the surveys in 700 points of a detailed grid elevation data were taken and height difference between surveys was computed. There were also calculated the survey area, mean thickness of denudation and accumulation strata and volumes of the strata.

УДК 551.24 : 551.435.36(470.21)

М. Г. ГРОСВАЛЬД, Б. И. КОШЕЧКИН

«ПЕМЗОВЫЙ ГОРИЗОНТ» ПОБЕРЕЖЬЯ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ЕГО ДЕФОРМАЦИЯ

Молодые и современные движения земной коры в пределах Кольского полуострова давно привлекают внимание геоморфологов. Только за самые последние годы они явились предметом ряда специализированных исследований, включавших тематические геолого-геоморфологические работы, гравиметрические и повторные геодезические измерения, анализ данных длиннопериодических наблюдений за колебаниями относительного уровня моря. И хотя результаты не всех исследований этого ряда равноценны по своей надежности и точности, основные выводы, сделанные на их основе, уже сейчас выглядят достаточно убедительно и разделяются подавляющим большинством специалистов. Суть этих выводов, как следует из обобщающих работ М. А. Лавровой (1960), Н. И. Николаева (1962), А. А. Никонова (1965), Б. И. Кошечкина (1968) и Д. А. Лилиенберга с соавт. (1972), сводится к следующему основному положению.

Кольский полуостров испытывает молодое (голоценовое) поднятие с весьма высокими для платформенной области скоростями. Поднятие имеет сводовый характер, причем полуостров оказывается существенно меньше общей площади воздымающейся области, занимая место на ее северо-восточной окраине. Земная кора в пределах полуострова раздроблена сложной сетью разломов, часть которых проявляет признаки современной тектонической активности. Молодые и современные движения земной коры района, как и всей области сводового поднятия, вероятно, связаны с перераспределением материала астеносферы в ходе восстано-