

ALTITUDINAL ZONALITY OF SLOPE PROCESSES IN THE ARMENIAN HIGHLAND AND SPECIAL FEATURES OF SLOPE EVOLUTION

V. R. BOINAGRYAN

Summary

Slope processes and their manifestations are discussed which are typical of various orographic zones. A loose material mantle on slopes is rather thin, which the author attributes to the young age of the slopes and to the fact that products of weathering are continuously removed from steep slopes by mud and debris flows. On many lava slopes (especially on those composed of block lavas) the loose mantle is now at initial stages of development, the process being hindered by a relative aridity of the region.

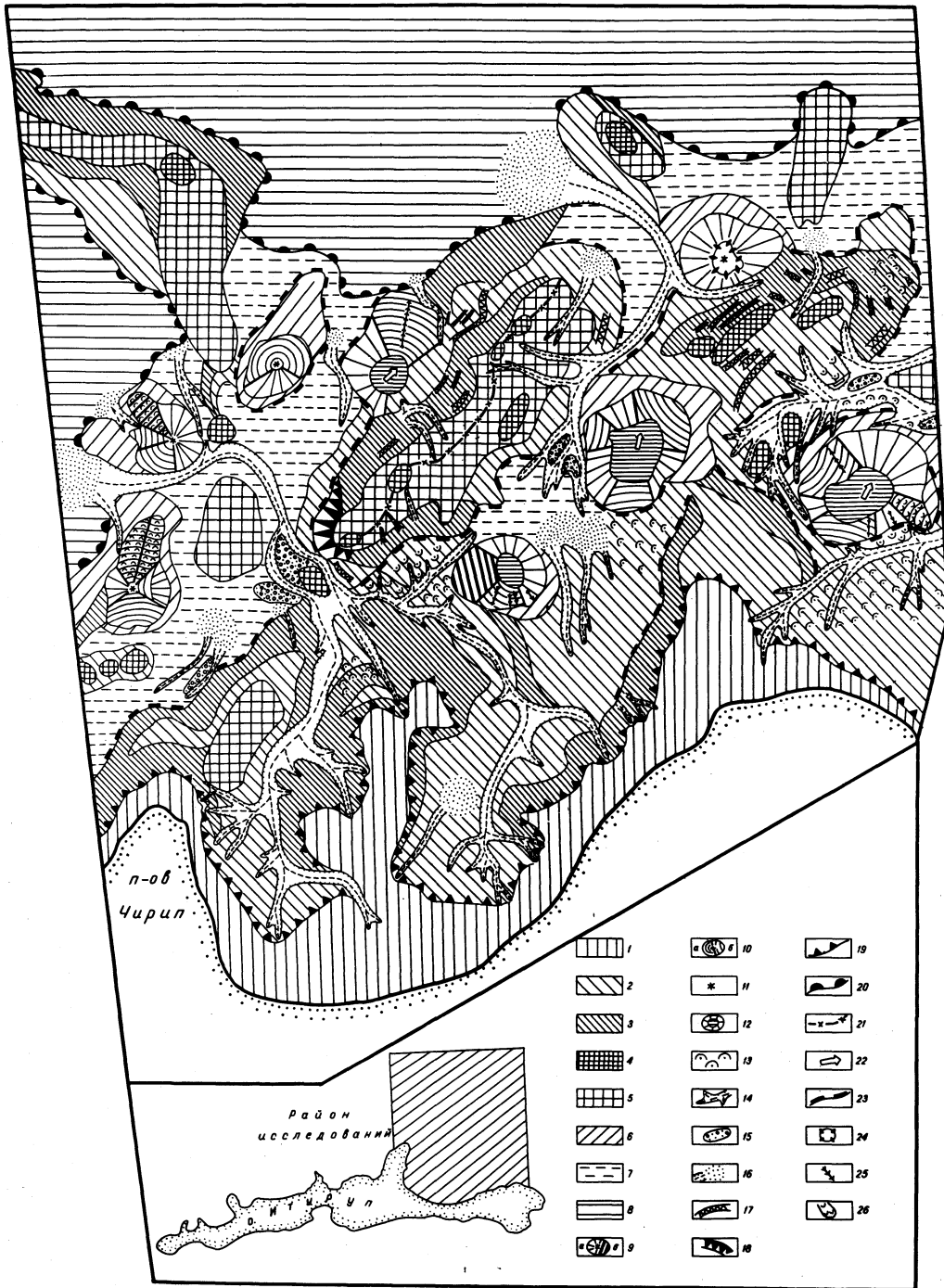
УДК 551.462 (571.645)

В. М. ВОЛЬНЕВ, И. Н. ГЛАДЫШЕВ

ГЕОМОРФОЛОГИЯ ОХОТОМОРСКОГО СКЛОНА О-ВА ИТУРУП (БОЛЬШАЯ КУРИЛЬСКАЯ ГРЯДА)

Исследования, выполненные в 1987 г. с борта НИС «Морской геолог», позволили уточнить сведения о строении участка охотоморского склона о-ва Итуруп от бровки островного шельфа до абиссальной равнины Южно-Охотской глубоководной котловины (рисунок). Существуют две альтернативные точки зрения на проблему формирования и историю развития Южно-Охотской котловины. По мнению одних авторов [1—4 и др.], возраст впадины сопоставим с возрастом Тихого океана (ранний палеозой или даже докембрий), т. е. впадина представляет собой часть океана, позднее отделенную от него поднятием Курильской гряды (гипотеза «реликтовости»). Другие исследователи придерживаются взглядов о молодом (мезозойском [5] или позднекайнозойском [6—8 и др.] возрасте Южно-Охотской котловины.

На наш взгляд, более предпочтительна вторая точка зрения (гипотеза «новообразования»), которая подтверждается данными палеогеографических реконструкций. Многочисленные находки галек биотит-мусковитовых гранитов и гранитогнейсов, не известных на Курильских островах в коренном залегании, свидетельствуют о привносе их со стороны Охотского моря. Это позволяет предполагать существование западнее Курильских островов еще в раннем миоцене области размыва с породами сугубо «континентального» типа [9]. Это вывод подтверждается и обнаружением на о-ве Итуруп захороненного русла раннемиоценового водотока, ориентированного с СЗ на ЮВ и выполненного гальками «экзотических» гранитов и гранитогнейсов, особенности положения которых не оставляют сомнений в привносе их со стороны Охотского моря [10]. Структурно-геоморфологические исследования северного борта Южно-Охотской котловины выявили его ступенчато-блоковое строение со смещением отдельных блоков по наклонной плоскости к ложу [11]. Такой тип строения склона (ступенчатый сброс) широко развит по всему Мировому океану и служит, как правило, признаком возрастающих напряжений изгиба и разрывных нарушений (сбросов) в его пределах.



Таким образом, на основании приведенных и ряда других фактов представляется возможным считать Южно-Охотскую глубоководную впадину новообразованной, сформированной относительно недавно и продолжающей испытывать современное прогибание.

Как уже отмечалось, район исследований практически полностью расположен в зоне островного склона, который ориентирован по падению с ЮВ на СЗ в интервале глубин от 130—135 (бровка шельфа) до 3000 м, где он плавно переходит в аккумулятивный шлейф островного подножия. Для поперечного профиля склона характерна ступенчатость: трендовый наклон поверхности осложнен более пологими ступенями, чередующимися с крутыми уступами. В верхней части склона (у бровки шельфа) уклоны составляют 10—15°; в средней 27—32°; в нижней части склон вылаживается до 5—10° и далее до 1° и меньше. Отдельные крутые уступы (эскарпы) достигают уклона 45°, что, по-видимому, свидетельствует об их приуроченности к разрывным нарушениям типа сбросов.

Ведущая роль в субаквальном морфогенезе на Охотоморском склоне островной дуги принадлежит тектоническим процессам и в значительной степени инициированной ими вулканической деятельности, создавшей многочисленные постройки центрального типа. В пределах исследуемого участка расположено восемь уверенно выделяемых подводных вулканов, занимающих до 20% всей территории.

Мы предполагаем, что крупные поднятия, обрамленные вулканическими сооружениями (рисунок), являются криптовулканическими структурами, обусловленными линейными интрузиями, приподнимающими кровлю литосферы. Три вулкана, сгруппированные на западе полигона, имеют остроконечные вершины, расположенные в интервале глубин 1130—2110 м. У остальных вершинные поверхности плоские, погружены от 240 до 1290 м (по мере удаления от острова) и несут на себе незначительные следы современной субаквальной эрозии. Некоторые из них очень слабо наклонены к Южно-Охотской котловине. Происхождение плосковершинных подводных гор, которые мы предлагаем называть *островодужными гайотами*, достаточно уверенно объясняется их формированием полностью или по крайней мере частично в субаэрозольных условиях с последующим погружением ниже уровня моря и абразионным выравниванием (срезанием) острых вершин. Тот факт, что плоские вершинные поверхности островодужных гайотов понижаются с продвижением от островной дуги к котловине, является еще одним доказательством недавних опу-

Геоморфологическая схема охотоморского склона северной части острова Итуруп

Типы рельефа: 1 — абразионно-аккумулятивная равнина островного шельфа; 2 — слобонаклонные (до 10°) эрозионно-аккумулятивные поверхности островного склона и склонов структурных поднятий; 3 — крутонаклонные (10—30°) тектогенно-эрозионные поверхности островного склона и склонов структурных поднятий; 4 — субгоризонтальные эрозионно-аккумулятивные поверхности сводовых частей структурных поднятий; 5 — наклонные эрозионно-аккумулятивные поверхности структурных поднятий; 6 — слабонаклонные выровненные аккумулятивные поверхности предгорных шлейфов; 7 — плоские и слабонаклонные аккумулятивно-эрозионные равнины межгорных депрессий; 8 — слабонаклонная аккумулятивная равнина окраинных частей Курило-Камчатской глубоководной котловины.

Отдельные формы и комплексы форм рельефа: 9 — подводные горы (вулканы) с хорошо выраженной остроконечной вершиной и различными типами склонов: а — прямыми; б — ступенчатыми; 10 — аналогичные формы со склонами: а — выпуклыми, б — вогнутыми; 11 — остроконечные вершины подводных вулканов; 12 — островодужные гайоты (типы склонов показаны так же, как у остроконечных вулканов); 13 — обвально-оползневые комплексы (полуокружности ориентированы по падению склонов); 14 — склоны и тальвеги подводных линейных эрозионных форм (каньонов, долин, ложбин); 15 — прирусловые валы подводных каньонов, долин, ложбин; 16 — конусы выноса подводных каньонов, долин, ложбин; 17 — уступы и сопряженные с ними ступени на склонах; 18 — эскарпы (уступы крутизной более 30°)

Структурные границы и другие внесмасштабные обозначения: 19 — бровка шельфа; 20 — граница Курило-Камчатской глубоководной котловины; 21 — гребневые линии (оси поднятий); 22 — направление падения выровненных вершинных поверхностей островодужных гайотов; 23 — граница цокольного основания вулканических массивов, отдельных вулканических построек и прочих структурных поднятий, выделяемая по геоморфологическим признакам; 24 — сумма; 25 — барранкосы; 26 — лавовые потоки

ских, которые захватили и островной склон с расположенными на нем вулканическими сооружениями.

Скорость погружения вулканических построек и склона в целом неодинакова: она возрастает с удалением от Большой Курильской гряды. Этот вывод основывается на простейших геометрических построениях и расчетах. Если бы скорость опускания была неизменной для всего островного склона, то плоские абразионные вершинные поверхности островодужных гайотов в нижней части склона (вблизи котловины) занимали бы гипсометрически более высокое положение (на абсолютных отметках порядка 700—800 м), в то время как в действительности они опущены до 1300 м ниже уровня моря. Скорее всего это свидетельство сбросов и оседания отдельных блоков.

Формирование остроконечных вулканов происходило полностью в субавальных условиях, и их вершины не подвергались абразии. Это позволяет говорить об их более молодом возрасте.

Плановые очертания всех вулканических построек тяготеют к изометричным, местами осложняясь заметными выступами, которые скорее всего представляют собой лавовые потоки. Размеры оснований плосковершинных вулканов в диаметре составляют от 6,5 до 10 км, а остроконечных — 5,5—6,0. Если исходить из общепризнанного представления о многофазности процесса формирования вулканической постройки, то подобные различия в размерах служат еще одним свидетельством более молодого возраста остроконечных вулканов.

Склоны подводных вулканических сооружений представляют собой достаточно сложно расчлененные поверхности с различными типами профиля: вогнутым, выпуклым, ступенчатым, прямым. Крутизна склонов, обращенных к котловине, возрастает до 30°, в среднем составляет 22—26°, уменьшаясь в сторону островной дуги до 12—16°. Местами склоны прорезаны барранкосами — проявлением подводной эрозии. К подножию склонов примыкают пологие аккумулятивные шлейфы, состоящие в основном из продуктов разрушения вулканических построек — вулканогенного и пирокластического материала (эдафогенного).

Заметное место в рельефе островного склона занимает вытянутое с ЮЗ на СВ поднятие, имеющее, по-видимому, структурно-генетическую связь с п-овом Чирип. Длина поднятия составляет 37, ширина — 11—12 км, отметки сводовой части достигают 400—500 м ниже уровня моря. Высота склона, обращенного к котловине, (северо-западной экспозиции) 1800 м, крутизна около 30°. Аналогичные морфометрические показатели для юго-восточного склона (к островной дуге) составляют соответственно 800 м и 14—18°. Юго-западная оконечность поднятия образует крутой уступ (эскарп) с углом откоса порядка 45°. Северо-восточная — значительно положе, ее уклоны не превышают 10°. Северо-западный склон осложнен примыкающим к нему вулканическим сооружением, образовавшимся, по-видимому, позднее. Сводовая часть поднятия представляет собой эрозионно-аккумулятивную слабовыпуклую поверхность, с отдельными замкнутыми повышениями типа небольших куполов. Поперечный профиль поднятия в целом асимметричен и в первом приближении напоминает профиль куэсты.

В нижней части островного склона на глубинах порядка 220—2300 м расположена плоская (местами — очень слабонаклонная) аккумулятивно-эрозионная равнина, занимающая дно структурной (межгорной) депрессии. Она отделена от глубоководной котловины вулканическими сооружениями, протягивается с ЮЗ на СВ вдоль уступа зоны поднятий, связанных с п-овом Чирип, и переходит в ложе Южно-Охотской котловины. На ее выровненной поверхности местами наблюдаются аккумулятивные повышения и линейные эрозионные формы с генерациями устьевых конусов выноса и прирусловых валов. Подобный тип рельефа встречается и в ряде других межгорных понижений, но развит на меньшей площади.

Экзогенный морфогенез на охотоморском склоне Большой Курильской гряды уступает тектоновулканическим проявлениям, но тем не менее играет заметную роль в общем развитии рельефа.

Общая значительная крутизна склона, еще более увеличивающаяся на его отдельных участках, способствует широкому распространению обвальнo-оползневых процессов, ведущих к перемещению масс обломочного материала к региональному базису эрозии — ложу Южно-Охотской котловины. Ступени на склоне обусловлены скорее всего структурными (блоковыми) оползнями, а участки бугристо-западного рельефа — бесструктурными (пластичными) оползнями-потоками.

Большое влияние на морфодинамику охотоморского островного склона оказывают линейные эрозионные формы — каньоны, долины, ложбины. Их первичное заложение может быть обусловлено различными причинами, но дальнейшая экзогенная моделировка происходит в основном в результате воздействия суспензионных потоков, представляющих собой упорядоченное движение взвеси по склону под влиянием разности гравитационных потенциалов (т. е. подчиняясь закону всемирного тяготения).

Суспензионные потоки могут производить большую работу по перемещению осадков и эрозии дна, причем в своем движении они стремятся избрать путь, связанный с минимальными энергетическими затратами, т. е. ложбины, линейные депрессии и т. п., являющиеся морфологическим выражением тектонических нарушений. Необходимое условие для возникновения суспензионных потоков — обилие рыхлого материала на склоне и определенная крутизна самого склона (впрочем, порой очень незначительная [12]).

Для охотоморского склона о-ва Итуруп наиболее вероятно именно тектоническая предопределенность заложения подводных каньонов, так как крупные реки на побережье отсутствуют, в то время как тектонические нарушения развиты широко. Обилие слабосцементированного легкоразмываемого пирокластического и вулканогенного материала в береговой зоне Большой Курильской гряды облегчает деятельность абразии, которая поставляет в пределы шельфа и верхней части островного склона значительные объемы рыхлых отложений, накапливающихся в метастабильном состоянии. Достаточно какого-либо внешнего воздействия (сейсмический толчок, сильный шторм, внутренние волны и др.), чтобы эти осадки пришли в движение вначале в виде бесструктурного оползня-потока, а затем по мере прогрессирующего разжижения — в виде мутьевого потока высокой плотности. Подобные потоки осуществляют линейную эрозию склона, формируя отдельные каньоны и обширные батиграфические системы. В тех случаях, когда верховья каньонов не имеют литодинамической связи с шельфом и расположены на значительном удалении от него, материал для образования мутьевых потоков поставляют подводная эрозия и обвальнo-оползневые склоновые процессы непосредственно в подводных каньонах.

Верховья каньонов охотоморского склона о-ва Итуруп состоят из многочисленных отвершков, которые берут свое начало как у бровки шельфа, так и на самом склоне, причем на различных гипсометрических уровнях. Выработанные русла каньонов в большинстве случаев четко фиксируют зоны тектонических нарушений. В ряде мест каньоны примыкают к подножиям вулканических сооружений и на определенных отрезках следуют вдоль них. Это связано, на наш взгляд, с существованием вокруг вулканов центрального типа кольцевых или серповидных депрессий, происхождение которых вызвано изостатическим проседанием вулканических конусов. Протяженность крупных каньонов достигает десятков км, ширина колеблется в пределах 0,2—2,0 км, глубина врезания до 300 м. Продольным каньонам присуща ступенчатость, что служит еще одним доказательством тектонической активности региона. Уклоны продольных профилей изменяются от 4—5° в верховьях до 1—1,5° в приустьевых частях. Отмечаемые в пределах продольных профилей участки с увеличением крутизны до 5—6° (миниуступы) говорят о незавершенности формирования профиля равновесия (эрозионной терминанты) и свидетельствуют о существовании нарушений типа сбросов в пределах склона. Отдельные эрозионные ложбины, не связанные с крупными каньонами, невелики, протяженность 5—7 км, ширина 300—700 м, врез до 30—50 м.

Таким образом, экзогенные процессы на охотоморском склоне о-ва Итуруп оказывают заметное влияние на формирование рельефа, моделируя первичный структурный каркас.

Анализ поля рельефа и его отдельных составляющих позволил наметить основные структурные элементы района (рисунок).

Четвертичный вулканизм привел к широкому распространению кольцевых структур (морфоструктур центрального типа), которые во многом определяют общий план региона — задуговой области Большой Курильской гряды. Выделяемые нами зоны поднятий, возможно, являются результатом подъема кровли литосферы под давлением внедрившихся интрузивных тел (криптовулканические) или обусловлены тангенциальными напряжениями (сжатием) на участках коры между растущими вулканическими центрами.

Закономерности в ориентации систем тектонических нарушений наметились после выявления основных структурных направлений (трассирования линейментов). Эти направления вырисовываются в спрямленных участках склонов; линейности осей депрессий, к которым, как правило, приурочены русла подводных каньонов; в гребневых линиях и общем простирании поднятий.

Направление ЮЗ-СВ (продольное по отношению к островной дуге) хорошо коррелируется с зоной внутрикоровых разломов о-ва Итуруп, исследованных ранее и хорошо известных [13]. На суше эти разломы контролируют деятельность термальных источников и выражены зонами дробления и гидротермального изменения пород. Скорее всего это направление — наиболее древнего заложения и фиксирует линии сбросов, по которым происходили основные опускания ложа глубоководной котловины.

Направление ЮВ-СЗ. Прослеживается достаточно отчетливо и, по всей видимости, моложе, так как в ряде мест структуры этого простирания имеют наложенный характер, а нарушения секут морфоэлементы, имеющие ориентацию ЮЗ-СВ (продольные по отношению к дуге), как, например, на подводном продольном выступе склона в районе п-ова Чирип.

Субмеридиональное и местами субширотное направления носят подчиненный характер и связаны с нарушениями типа оперяющих разломов. В пределах сводовых частей поднятий наряду с трендовым простиранием ЮЗ-СВ развита система более мелких нарушений различных направлений, обусловленных блоковым дроблением.

Проведенный морфоструктурный анализ рельефа охотоморского склона о-ва Итуруп дает основание для некоторых выводов.

1. Расположение плосковершинных вулканических сооружений (островодужных гайотов) свидетельствует о недавних значительных опусканиях в области современной Южно-Охотской котловины.

2. Опусканиями был захвачен склон Большой Курильской гряды, где они происходили по линиям нарушений (внутрикоровым разломам), отражающихся в современном подводном рельефе и имеющих простирание ЮЗ-СВ, т. е. в общем — параллельно борту котловины.

3. Более поздние нарушения ЮВ-СЗ ориентации, развитые почти по нормали к общему простиранию склона, осложнили структурный план региона и его рельеф.

4. Гидротермальные проявления на прилегающей суше (о-ве Итуруп) полностью контролируются разломами ЮЗ-СВ простирания, что позволяет предполагать существование подводной гидротермальной деятельности на морских продолжениях этих нарушений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильковский Н. П. О направленности геологических процессов в истории Земли // Геология и геофизика. 1962. № 11. С. 41—51.
2. Геология и металлогения Советского сектора Тихоокеанского рудного пояса. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 664 с.

3. Марков М. С., Аверьянова В. Н., Картышов И. П. Мезо-кайнозойская история и строение земной коры Охотского региона. М.: Наука, 1967. 224 с.
4. Сычев П. М. Аномалии силы тяжести и причины вертикальных движений в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану // Геотектоника, 1969. № 1. С. 13—25.
5. Удинцев Г. Б. Рельеф дна Охотского моря // Тр. Ин-та океанологии АН СССР. 1975. Т. 22. 148 с.
6. Белоусов В. В., Рудич Е. М. О месте островных дуг в истории развития структуры Земли // Сов. геология. 1960. № 10. С. 16—23.
7. Петрушевский Б. А. Вопросы геологической истории и тектоники Восточной Азии. М.: Наука, 1964. 300 с.
8. Рудич Е. М. Основные закономерности тектонического развития Приморья, Сахалина и Японии как зоны перехода от континента к океану. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 272 с.
9. Красный Л. И. Схема структурного районирования Охотского моря и окаймляющих его складчатых сооружений // Докл. АН СССР. 1956. Т. 107. № 1. С. 135—139.
10. Неверов Ю. Л., Сергеева В. Б., Сергеев К. Ф. Об «экзотических» породах Большой гряды Курильских островов // Геология и геофизика. 1964. № 5. С. 126—128.
11. Вольнев В. М. Геоморфология северного обрамления Курильской глубоководной котловины // Геоморфология. 1984. № 3. С. 50—53.
12. Вуе J. A. The slope of abyssal plains // J. Geophys. Res. 1971. V. 76. N. 18. P. 4188.
13. Сереев К. Ф. Тектоника Курильской островной системы. М.: Наука, 1976. 239 с.

Институт нефтехимической и газовой промышленности имени И. М. Губкина

Поступила в редакцию
31.1.1989

Ленинградский государственный университет

GEOMORPHOLOGY OF THE OKHOTSK SLOPE OF THE ITURUP ISLAND (BIG KURIL RIDGE)

V. M. VOLNEV, I. N. GLADYSHEV

S u m m a r y

New data are presented on the western slope of the Big Kuril Ridge (facing the Sea of Okhotsk) near the Iturup Island. Morphology of 8 submarine volcanoes is discussed in detail; the volcanoes with pronounced flat tops are suggested to classify as guyots of island arcs. They are supposed to form completely or partly above the sea level and later to submerge, their tops being eroded by waves.

Hypsometric analysis of planation surfaces on the volcanoes indicates recent regional subsidence of the sea floor west of the Big Kuril Ridge and therefore a relatively young age of the Southern Okhotsk deep-sea basin.

УДК 551.435.11 (282.252.1)

М. Н. ГУСЕВ, Е. Ю. ЛИКУТОВ

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВРЕЗАННЫХ ИЗЛУЧИН В ВЕРХНЕМ ТЕЧЕНИИ Р. АМУР

Происхождение и формирование врезаемых излучин остается в числе нерешенных проблем геоморфологии по двум основным причинам. Одна — отсутствие достаточно обоснованной общей теории формирования излучин, отмеченное ранее Н. И. Маккавеевым [1]. Другая заключается в том, что врезаемые излучины по сравнению с излучинами других типов изучены хуже, несмотря на большой интерес к ним [2].

Первую теорию эпигенетического происхождения врезаемых излучин предложил В. М. Дэвис [3]. Ее придерживаются некоторые исследователи, например Е. В. Шанцер [4] и отчасти Б. В. Матвеев [5]. Серьезной критике она была подвергнута Н. И. Маккавеевым [1], который связывал формирование врезан-