

ON THE INFLUENCE OF THE SUBMARINE CANYON HEAD ON PEBBLE TRANSPORT ALONG THE BEACH

V. P. ZENKOVICH, N. T. BELOVA, V. K. ILLARIONOV

Summary

The paper considers the results of experimental studies of pebble transport along the beach and reveals the role played by a submarine canyon near Pitsunda in the process. The coarse beach debris capture by the canyon head has not been analysed till now at neither Soviet nor foreign literature. The authors used the technique of colour indicators which was proved to be effective enough. Quantitative estimations has been got for the rate and direction of natural debris longshore transport as well as for debris loss through the canyon head which is less than 10 m deep and cut the zone of longshore debris flow. The obtained data contribute into knowledge of the Pitsunda Peninsula coast dynamics and can be applied to coast protection designs.

УДК 551.4(—929.6)

П. А. КАПЛИН, О. К. ЛЕОНТЬЕВ, А. И. ОРЛОВ

ГЕОМОРФОЛОГИЯ ОСТРОВА ЭФАТЕ (Ново-Гебридские острова)

Океанические острова обычно отличаются от материковых районов не только специфической растительностью и фауной, среди которых часты эндемичные и реликтовые формы, но и особенностями геологического строения и рельефа. Многие молодые океанические острова можно рассматривать как своего рода природные модели (Зенкович и др., 1964). Типичным примером подобных геоморфологических объектов является о. Эфате (168°25' в. д., 17°40' ю. ш.), входящий в архипелаг Новые Гебриды (рис. 1).

В структурном отношении архипелаг представляет собой островную дугу, располагающуюся на гребне огромного подводного хребта, разделенную в средней части глубоководной депрессией на две ветви — северо-северо-западную и юго-юго-восточную. Вся дуга островов расположена внутри андезитовой линии в переходной зоне от материкового к океаническому типу земной коры. Острова северо-северо-западной ветви сложены вулканогенными породами неогенового (возможно, олигоцен-миоценового) возраста (Obelliane, 1955). Юго-восточная часть Ново-Гебридских островов образована плиоцен-плейстоценовыми вулканами, поднимающимися со дна моря. На склонах некоторых из них имеются террасы, построенные рифообразующими кораллами. Архипелаг расположен в тропическом поясе южного полушария в условиях преобладающей пассатной циркуляции. Климат здесь теплый и влажный (годовая сумма осадков более 2000 мм), с довольно слабо выраженной сезонной ритмикой увлажнения. Большая часть островов покрыта влажными тропическими лесами.

Небольшой о. Эфате размером 46×34 км расположен в молодой юго-восточной ветви архипелага и представляет собой сложное сооружение, расчлененное разломами субширотного и меридионального направлений на ряд блоков. Меридиональная депрессия (грабен) рассекает остров на две почти равные половины.

В геологическом строении острова, по данным Ж. М. Обеллиана (Obelliane, 1955), принимают участие различные комплексы вулканических и вулканогенно-осадочных пород. Наиболее древними из них являются пемзовые и андезитовые туфы подводного вулканизма, лежащие

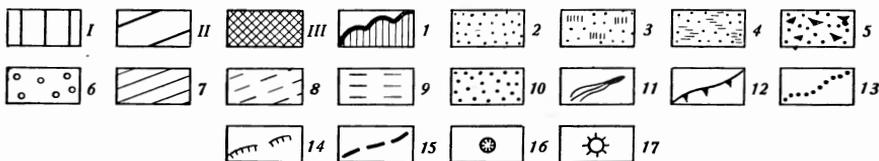
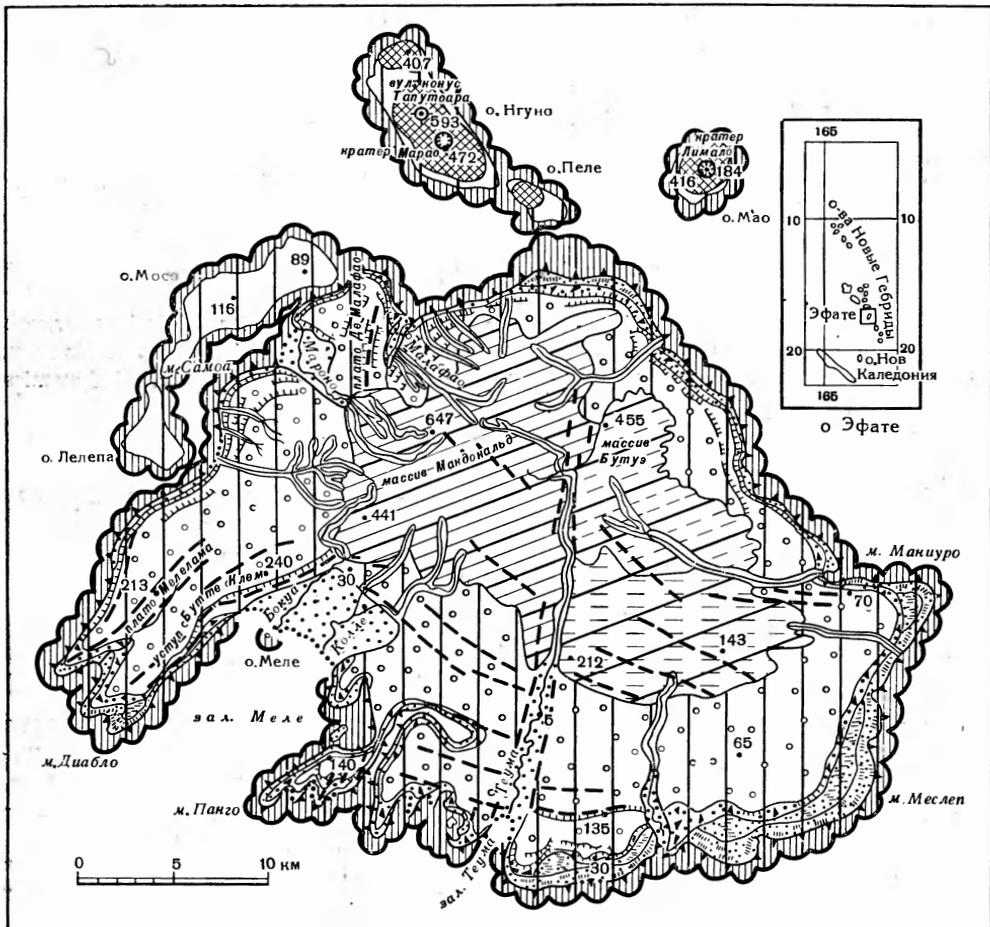


Рис. 1. Геоморфологическая картосхема о. Эфате. На врезке географическое положение острова.

Генетические типы рельефа: I — морской (талассогенный), II — флювиальный, III — первичный вулканический. Формы и комплексы форм рельефа: 1 — окаймляющий риф и абразивная приливно-отливная платформа, или бенч, 2 — голоценовая терраса — поднятый окаймляющий риф; 3 — бары, береговые валы и другие аккумулятивные формы из кораллового песка, гравия и гальки, одновозрастные с голоценовой террасой; 4 — днища древних лагун, одновозрастных с голоценовой террасой; 5 — вторая (12–20 м) и третья (30–40 м) позднеплейстоценовые террасы, преимущественно абразивные, выработанные в одновозрастных коралловых известняках; 6 — абразивные высокие террасы ранне- и среднеплейстоценовые, выработанные в коралловых известняках, прилегающих к центральному вулканическому ядру острова; 7 — интенсивно расчлененный эрозийный рельеф наветренных склонов, выработанный в толще туфогенных пород, пемз, авгитовых и андезитовых базальтов с большими превышениями гребней водоразделов над днищами долин; 8 — среднерасчлененный эрозийный рельеф подветренных склонов, выработанный в туфогенной толще с небольшими превышениями плосковершинных водоразделов над днищами долин; 9 — слаборасчлененный эрозийный рельеф, выработанный временными водотоками в толще туфов, аргиллитовых и известковистых глин с незначительными превышениями столовых водоразделов над днищами долин; 10 — аллювиальные равнины; 11 — глубоковрезанные долины рек; 12 — абразивные берега; 13 — аккумулятивные берега; 14 — уступы террас; 15 — главные разломы, наиболее четко выраженные в рельефе; 16 — конусы потухших вулканов; 17 — то же, с кратерами

в основании острова, возраст которых, по-видимому, плиоценовый. Они слагают также низкогорные массивы Макдональд (абс. отметка 647 м) и Бутуз. Северные и северо-западные отроги массива Макдональд сложены авгитовыми базальтами, базальтовыми брекчиями, пронизанными кварцевыми дайками, и представляют собой реликты надводных вулка-

нических аппаратов плейстоценового возраста. Остров сейсмичен. По данным Обеллиана, за период с 1953 по 1955 г. здесь было зарегистрировано 14 землетрясений силой в 4 балла и выше.

Характер гидрографической сети о. Эфате, особенно крупных рек, в основном предопределен тектоническими разломами. В горах Макдональд вследствие значительной освоенности вулканического массива речной эрозией роль разломов в ориентации гидрографической сети выражена менее отчетливо.

Для о. Эфате характерно большое разнообразие форм рельефа, отличающихся по генезису и возрасту. Ниже приводится краткая характеристика форм и комплексов форм рельефа, сочетания которых образуют различные генетические типы рельефа.



Рис. 2. Бенч и уступ голоценовой террасы о. Эфате

(фото А. В. Брюханова)

I. Морской (талассогенный) рельеф. Формы рельефа, созданные морем (см. рис. 1), представлены серией абразионно-аккумулятивных террас, выработанных в широко развитых по периферии острова плейстоценовых коралловых рифах и прослеживающихся до высоты 400 м.

Береговая зона. Основными формами современного берега являются окаймляющий риф и абразионная приливно-отливная платформа, или бенч. Они опоясывают все побережье. На южном берегу острова развит типичный «столовый» бенч в виде ровной известняковой площадки шириной до 100 м. На некоторых других участках развит ступенчатый бенч (рис. 2). Современные аккумулятивные формы береговой зоны представлены пляжами в бухтах, несколькими аккумулятивными выступами и песчаными островами на рифе. Гораздо более мощные аккумулятивные формы образовывались на побережье острова в голоцене. В настоящее время они подняты на высоту до 10 м и выведены из зоны волнового воздействия. По существу все южное и юго-восточное побережье состоит из мощных баров, сложенных коралловыми песками и поднятых на основании голоценового окаймляющего рифа. Эти бары отделяли некогда от моря цепочки лагун. Кроме баров на мысе Панго отмечено поднятое томболо, а на мысе Самоа — поднятый аккумулятивный выступ. Интересно отметить, что при современной динамике на этом участке также образована унаследованная аккумулятивная форма — выступ. Однако она меньше по размерам, сложена более сортированным и мелким материалом. Поднятая аккумулятивная форма

мыса Самоа сложена крупными обломками кораллов и большими раковинами *Tridacna*. Из этой аккумулятивной формы были взяты образцы на радиоуглеродный анализ. Определение активности C^{14} в раковине, обломке коралла и известковистом цементе дало одинаковый результат. Возраст формы около 4 тыс. лет¹.

Зона поднятых береговых линий. Голоценовая абразионная терраса высотой до 8 м и шириной 50—600 м выработана в рифовых известняках; уступом высотой 1,5—2 м она обрывается к бенчу или пляжу в бухтах (рис. 2). Радиоуглеродное определение возраста нескольких образцов обломков кораллов, взятых с уступа этой террасы в разных частях побережья острова, показало, что отмирание коралловых построек, слагающих мористый край террасы, произошло 1,5—3 тыс. лет назад. Учитывая, что возраст аккумулятивных образований, расположенных на том же уровне, равен 4 тыс. лет, можно, видимо, отнести время образования голоценовой береговой линии к периоду 1,5—4,5 тыс. лет назад.

Более высокая береговая линия располагается на высотах 12—20 м. Она также состоит из абразионной террасы и аккумулятивных образований и занимает вокруг острова полосу шириной от нескольких десятков до нескольких тысяч метров. Аккумулятивные формы на ней плохо сохранились и не поддаются генетической расшивке. Возраст этой террасы определялся по активности C^{14} обломка коралла, отобранного с ее бровки (высота 15 м) на северо-восточном побережье острова (МГУ-172 15 700±300 лет). Однако, поскольку образец подвергся значительной перекристаллизации, истинный возраст террасы можно оценить в 30—35 тыс. лет.

На острове имеется также серия более древних террас (поднятых береговых линий) на высотах 30—40, 80, 120—140, 180, 220 м. Они выражены плоскими поверхностями и уступами, выработанными в плейстоценовых коралловых известняках. Аккумулятивные части древних террас, видимо, были размыты и не сохранились. Высоты одновозрастных береговых линий в разных районах острова варьируют в пределах 10—20 м. Однако причиной разновысотности одновозрастных береговых линий являются не столько дифференцированные тектонические движения, сколько неравномерный срез бровки террас и недостаточно точные определения ее высоты. По радиоуглероду удалось определить лишь возраст третьей террасы высотой 28—40 м. Измерение активности образца обломка коралла, взятого с отметки 29 м, дало абс. датировку, близкую 30 тыс. лет назад (МГУ-173 30 800±300). К сожалению, и этот образец оказался перекристаллизованным на 30%, и поэтому возраст террасы следует оценивать в 50—60 тыс. лет.

Три приведенные выше датировки абразионных террас получены по образцам кораллов, взятых на одном барометрическом профиле из бровок этих террас. Это позволяет предполагать, что образование береговых форм происходило в одинаковых условиях (рис. 3). Различия высоты террас от молодой голоценовой к более древним — второй и третьей, несомненно, обусловлены тектоническим поднятием острова. Правомерно в таком случае определить по этим датировкам скорость поднятия. В среднем она равна 0,5 мм/год. По-видимому, с такой скоростью остров поднимался в течение всего времени своего существования, о чем свидетельствуют примерно одинаковые превышения террас друг над другом.

II. Флювиальный рельеф. Флювиальный тип рельефа разделяется на два подтипа: эрозионный и аккумулятивный.

Эрозионный рельеф. *Интенсивно расчлененный эрозионный рельеф* с большими превышениями гребней водоразделов над днищами

¹ Радиоуглеродные определения проведены Лабораторией новейших отложений географического факультета МГУ.

долин, выработанный в толще туфогенных пород, пемз, авгитовых и андезитовых базальтов, развит на склонах массива Макдональд. Особенно глубоко и резко речными долинами расчленены наветренные склоны массива. Долины в ряде случаев приобретают форму ущелий, каньонов, а иногда и эрозионных цирков.

Перекрывавшая когда-то туфы толща коралловых известняков в этом горном массиве полностью уничтожена денудацией. Они сохранились лишь на вершине одного из хребтов с отметкой 408 м над ур. моря в 4 км к востоку от горы Макдональд. Вышедшие на поверхность туфы не являлись, по-видимому, достаточно стойкими к эрозии породами.

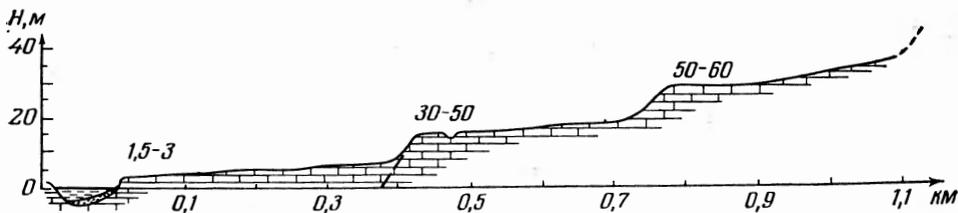


Рис. 3. Барометрический профиль через террасы о. Эфате.

Цифры у бровок террас — их возраст в тыс. лет

Горные реки, питание которых происходит исключительно за счет атмосферных осадков, быстро расчленили горный массив на множество островершинных хребтов и хребтиков. Густота речной сети на наветренных склонах гор чрезвычайно велика, как велика и глубина эрозионного расчленения. Очень часто в горах перепад высот по долинам рек на 1 км расстояния достигает 200—250 м, а в некоторых случаях и до 350 м.

В связи с весьма различными условиями увлажнения в горах и на равнинах острова величины стока рек колеблются в очень больших пределах. Судя по кратковременным наблюдениям, на наветренных склонах гор модуль стока достигает больших величин, в холмистых районах он значительно меньше и совершенно незначителен на юго-востоке острова. В целом же для горных рек характерны частые паводки в течение всего года. Особенно это заметно у коротких рек, берущих свое начало в горах. Через 1,5—2 часа после дождей, выпавших в горах, реки в низовьях вздуваются, выходят из берегов, затопляют низинные пространства, а через несколько часов вновь возвращаются в свои русла. Весьма своеобразны эрозионные цирки, выработанные в вулканогенных туфах на южном и северо-западном склонах массива Макдональд. Они образуются в верховьях рек в результате регрессивной эрозии и имеют округлую или удлинненную форму.

Среднерасчлененный эрозионный рельеф с небольшими превышениями плосковершинных водоразделов над днищами долин, выработанный в туфогенной толще, развит на склонах массива Бутуэ. В этом холмистом районе нет того контраста высот, который характерен для массива Макдональд. Здесь преобладают высоты порядка 250—300 м над ур. моря, а глубина эрозионного расчленения и густота речной сети значительно меньше. В отличие от массива Макдональд долины рек, расчленяющие юго-восточные склоны массива Бутуэ, ориентированы в направлении северо-запад — юго-восток и часто не имеют постоянного водотока. Вероятно, заложение долин было обусловлено тектоническими разломами. В южной части массива водораздельные пространства бронированы коралловыми известняками. На севере массива коралловые известняки разрушены различными агентами денудации, и здесь на поверхность выходят пемзовые туфы. Для юго-восточных склонов массива Бутуэ характерны небольшая амплитуда тектонических движе-

ний, небольшие колебания относительных высот и глубины эрозионного вреза (порядка 100—200 м от верховьев рек до их устья), а также довольно широкие, часто платообразные водораздельные пространства, вытянутые с северо-запада на юго-восток. На северных, северо-западных и западных склонах массива отдельными пятнами сохранились коралловые известняки, перекрывающие вулканические туфы. Судя по топографической карте, почти все речные долины на этих склонах не имеют постоянных водотоков, а глубина эрозионного вреза здесь еще меньше, чем на юго-восточных склонах, хотя густота речной сети (временных водотоков) все еще велика.

Слаборасчлененный эрозионный рельеф с незначительными превышениями столовых водоразделов над днищами долин, выработанный временными водотоками в толще туфов, аргиллитов и известковистых глин, развит в районе, который с запада ограничен Теумским грабеном, а с юга, юго-востока и востока — обширными равнинными пространствами широкого развития коралловых известняков. Абс. высоты здесь не превышают 140—200 м над ур. моря. Рельеф в целом равнинный, слабо расчлененный речными долинами, большинство которых не имеет постоянных водотоков. Глубина эрозионного вреза незначительна. Уклоны тальвегов колеблются в пределах от нескольких до 10—15 м на 1 км расстояния. Когда паводки сменяются межпаводковыми периодами, поверхностный сток в малых реках этого района может отсутствовать или сменяться скрытым стоком. Следует полагать, что в районах, где преобладают долины временных водотоков, широкое развитие получили карстовые процессы в коралловых известняках.

Глубоковрезанные долины крупных водотоков образованы транзитными реками. Эти реки имеют большой водосборный бассейн, где на поверхность выходят как вулканические породы (туфы, пемзы, туфолавы и т. д.), так и древние коралловые известняки. Большое количество выпадающих атмосферных осадков и неравномерность их распределения обуславливают паводковый режим речного стока. По-видимому, именно во время подобных кратковременных паводков и происходит основная разработка русел и осуществляется поступление значительных масс обломочного материала на равнины и в береговую зону. В межпаводковые периоды устья некоторых рек южного побережья острова блокируются береговыми валами. Другой особенностью крупных рек острова является одностороннее устье — эстуарий, имеющее в плане форму узкой и длинной воронки. В некоторых случаях прослеживается отклонение устьев рек от нормального положения в зависимости от того, подвержен ли данный участок берега воздействию волнения южных или юго-восточных румбов (пассатные ветры).

Аккумулятивный рельеф. К элементам и формам внедолинной аккумуляции относятся дельты рек и аллювиальные равнины. Реки, имеющие большой водосборный бассейн, образуют дельты, которые встречаются по всей периферии острова. На восточном побережье острова дельты рек не имеют сколько-нибудь значительных размеров, а многие небольшие реки вообще не имеют дельт в устьевой области. На северном и западном побережьях реки Малафао и Марона, имеющие довольно большой водосборный бассейн, образовали по обе стороны плато Де Малафао дельтовые равнины. На западном побережье встречаются выпуклые ключевидные дельты.

Аллювиальные равнины. К аллювиальным равнинам мы относим низменные прибрежные пространства, сложенные аллювием рек, стекающих с гор на равнины. Наиболее крупная из них находится на юго-западном побережье острова в районе залива Меле, меньшие размеры имеют аллювиальная равнина р. Теума на южном побережье и р. Марона на северо-западе. Аллювиальная равнина, омываемая водами залива Меле, назовем ее равниной Меле, сложена наносами нескольких

рек, берущих начало на наветренных склонах массива Макдональд. Ее высота не превышает 15—20 м над ур. моря. Переход к предгорьям резкий, как и причленение равнины к бортам залива. По-видимому, в недалеком прошлом эта низменность была мелководной частью залива Меле. Строение слагающих низменность аллювиальных отложений было изучено по обнажению в среднем течении р. Колле. Внизу, у уреза реки, выходят слои желтовато-бурого глинистого конгломерата мощностью до 50 см. Выше располагается толща слоистых песков и гальки серого и красно-бурого цвета. В долине отчетливо выражены низкая пойма шириной до 15 и высотой до 1,5 м и высокая пойма высотой до 5 м, а также первая надпойменная терраса высотой около 11 м. Внешний край равнины Меле представляет собой абразионный уступ высотой порядка 1,5—3,0 м.

Реки выносят с гор на равнину самый разнообразный по составу материал. Так, пойменные фации аллювия р. Колле (в 4 км от устья) представлены смесью мелко-, средне- и крупнозернистых песков с большим содержанием гравия и гальки. Среди более крупного материала преобладает пемзовый и туфовый материал, а также известняки. Во фракциях песка и гравия значительное содержание темноцветных минералов, а во фракции мелкозернистого песка — довольно большое количество кварца. Характер аллювиальных отложений приустьевых участков всех рек равнины в целом идентичен, однако наибольшим содержанием темноцветных тяжелых минералов (до 10—15%) обладает русловый аллювий более крупных рек Колле и Бокуа. Аналогичное строение имеет и аллювиальная равнина р. Теума, поскольку морской пляж здесь обладает значительным содержанием темноцветных минералов — результат естественного шлихования волнами речных наносов, слагающих эту аллювиальную равнину.

III. Первичный вулканический рельеф. Вблизи северного побережья острова находится несколько небольших островков, являющихся молодыми плейстоценовыми вулканами, приподнятыми над ур. моря на высоту от 200 до 600 м (рис. 1). На островке Мао (3×3 км) расположены два потухших вулкана. Один из них хорошо сохранился — имеет четко выраженную воронку кратера с отметкой дна 184 м. На другом островке, еще меньших размеров, находится один конус без кратера. Высота конуса равна 198 м. О. Нгуна (9×3,5 км) — наиболее крупный из этих островков — имеет несколько вулканических конусов. Лишь у вулканического конуса Марао наблюдается нечетко выраженная воронка кратера.

Приведенное выше описание показывает, что рельеф о. Эфате очень разнообразен, хотя развит на ограниченной территории (34×46 км), в пределах которой заключены и область сноса, и область транзита, и значительная часть области аккумуляции. Он сформировался за короткое геологическое время плиоцен — плейстоцена (несколько млн. лет).

Таким образом, на о. Эфате сравнительно легко поддаются учету все рельефообразующие факторы, продолжительность и площадь их действия, степень расчленения рельефа и объемы вынесенного с разных уровней материала. Известны также скорость поднятия острова и влияние климатических факторов на развитие рельефа. Нам представляется, что все это дает реальную предпосылку для создания математической модели рельефообразования, решение которой может иметь общетеоретическое значение для геоморфологии.

ЛИТЕРАТУРА

Зенкович В. П., Каплин П. А., Медведев В. С. Особенности развития прибрежной зоны островов и архипелагов. В сб. «Теоретические вопросы динамики морских берегов». М., Изд-во АН СССР, 1964.

GEOMORPHOLOGY OF THE EFATE ISLAND (NEW HEBRIDES)

P. A. KAPLIN, O. K. LEONTYEV, A. I. ORLOV

Summary

Efate Island (New Hebrides) is characterized with great variety of landforms which differ by their genesis and age. The island topography had been developed in short geological time — during Pliocene-Pleistocene. The whole geomorphic cycle began after a group of volcanoes emerged from ocean at Pliocene. Fringing reefs encircled them and later on formed a succession at different hypsometric levels according to the volcanoes uplift. The uplift proceeded at high rare and the fringing reefs formed a series of steps from 0 to 400 *m* above sea level.

A geomorphological map of the island has been compiled, landforms and their complexes being briefly described. Absolute age of three terraces is given.

УДК 551.312.3(282.247.418)

Ю. И. КОМПАНИЕЦ

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА КОС МОРСКОГО КРАЯ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ

Выявление многолетних изменений морского края дельты Волги производилось многими исследователями и разными методами. Так, до 1930 г. нарастание дельты определялось либо путем сопоставления карт разных лет съемок, либо по количеству речных наносов; позднее стали применяться инструментальные методы, с помощью которых проводились ежегодные топографические съемки.

До зарегулирования речного стока величины нарастания морского края дельты Волги, по данным разных авторов и за различные периоды, колеблются от 18 до 658 *m* в год (Белевич, 1958). После зарегулирования волжского стока среднегодовая величина нарастания составила 43 *m* (Горемыкин, 1970).

В данной работе поставлена цель впервые для условий морского края дельты получить количественные характеристики сезонной динамики кос и слагающих их осадков. Это важно для понимания процесса нарастания морского края дельт вообще и дельты Волги в частности. В 1972—1973 гг. перед половодьем (апрель), после половодья (июль) и в осеннюю межень (октябрь) на стационарных пунктах наблюдений Каспийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства (КаспНИРХ) были проведены инструментальные съемки кос с отбором проб грунтов. Работы проводились теодолитом Т-30 и нивелиром НГ. Скорости течения измерялись речной вертушкой типа Ж-3. Пробы грунта обрабатывались по методу М. В. Кленовой (1948) в лаборатории КаспНИРХа. Уровни воды съемок 1973 г. путем введения поправок были приведены к уровням съемки 1972 г. Это дало возможность получить абсолютный, т. е. в основном за счет волжских наносов, прирост кос и исключить полосу обнажения суши при падении уровня моря (условный прирост).

Нарастание кос, как известно, происходит в результате отложения взвешенных веществ Волги при уменьшении скоростей течений на вы-