

УДК 551.35(265.54)

А. С. Астахов, Б. И. Васильев

ДИНАМИКА СОВРЕМЕННОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ БОЛЬШОГО ГАМОВСКОГО КАНЬОНА (ЯПОНСКОЕ МОРЕ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПОДВОДНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Изложены результаты исследований каньона, выполненных из подводных обитаемых аппаратов в 1979 и 1982 гг. Рассматриваются морфология, проявления литодинамических процессов, стратиграфия и условия залегания позднекайнозойских отложений. Сделан вывод о существовании нескольких периодов интенсивной эрозии и частичного заполнения осадками в течение

эпохи плиоцен-четвертичного времени. На современном этапе каньон представляет собой отмирающую эрозионную долину, в которой происходит выполаживание бортов и частичное заполнение днища. Активная эрозия отмечена только в верховьях северо-восточных притоков, заложенных в позднеплейстоценовых отложениях.

Большой Гамовский каньон расположен в западной части залива Петра Великого и представляет собой одну из наиболее крупных эрозионных форм рельефа материкового склона северо-западной части Японского моря. Близость к крупным портам обусловила выбор его в качестве полигона для отработки методики ландшафтных и геолого-геоморфологических исследований из подводных обитаемых аппаратов (ПОА).

Проведены следующие подготовительные работы: эхолотный промер, непрерывное сейсмоакустическое профилирование, отбор проб коренных пород и осадков драгами, дночерпателями, трубками, фотографирование поверхности дна автономной фотокамерой [4, 2]. В 1979 г. на прилегающем шельфе у истоков каньона на глубинах 90—100 м выполнены три погружения в наблюдательной камере НИС «Гидронавт», работающей в гидростатическом режиме, в которых пройдено 11 км маршрутов у дна. В 1982 г. на склонах каньона с глубинами 110—620 м произведены 9 погружений ПОА ОСА-3-600 «Океанолог» с общей длиной маршрутов около 12 км (рис. 1). Во время погружений выполнялись визуальное описание рельефа, донных осадков, биоценозов, отбор проб осадков и пород манипулятором, фотографирование поверхности дна через иллюминатор и заборной камерой.

Указанные исследования, носившие опытно-методический характер, позволили выявить качественно новые черты морфологии, современной литодинамики и геологического строения каньона. С учетом данных, полученных

обычными дистанционными методами, они могут служить основой для построения модели формирования как данного каньона, так и многих других эрозионных форм на материковом побережье Японского моря с относительно стабильным геотектоническим режимом.

Главное русло каньона, врезанное в пределы шельфа на 5 км, начинается на глубинах 90—95 м, где по эхолотным промерам выделяется долина с пологими бортами глубиной несколько метров и шириной до нескольких десятков метров. На примыкающем к ней шельфе отмечается увеличение уклонов дна. При наблюдениях из ПОА на этих участках фиксировались повышеванные по сравнению с окружающим шельфом расчлененность и обрастание бентосными организмами поверхности песчаных осадков. На глубине около 100 м долина приобретает отчетливо выраженный V-образный профиль при уклонах русла до 6—8°. С востока к ней примыкает целый ряд мелких ложбин. Они так же, как и основное русло, заложены в слабоуплотненных отложениях, на поверхности которых отчетливо проявляются следы недавней эрозии: уступы, промоины и борозды, направленные вниз по склону. Русло одной из ложбин, изучавшееся в погружении 13, имеет V-образный профиль с отдельными расширениями со скоплениями рыхлого материала и пережимами, непроходимыми для аппарата.

На глубине примерно 250—300 м русло каньона приобретает U-образное сечение с плоским днищем шириной до 150 м и средними уклонами в продольном профиле около

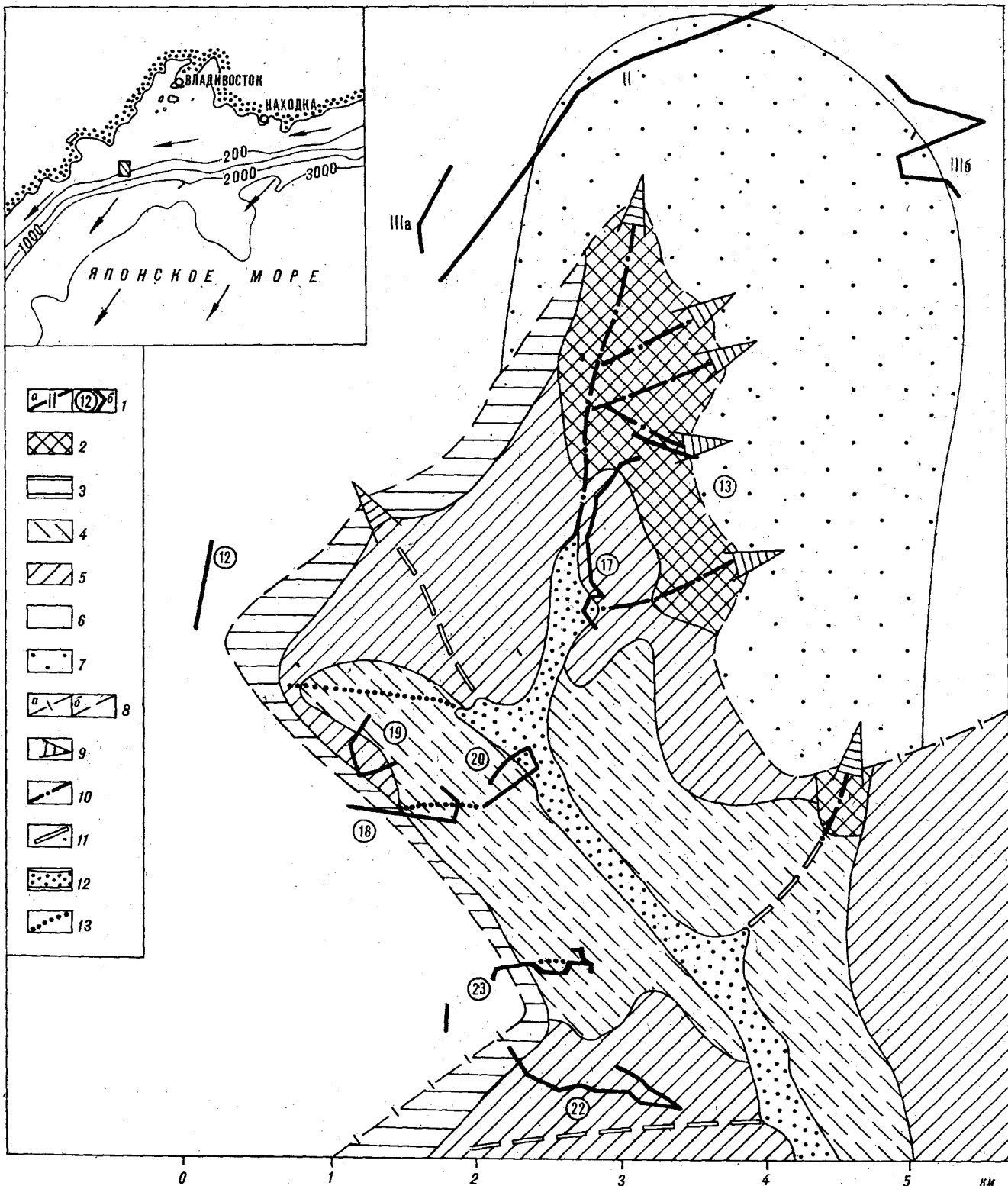


Рис. 1. Схема морфогенетического районирования Большого Гамовского каньона.

1 — маршруты и номера погружений обитаемых подводных аппаратов, выполненные: а — в 1979 г. (римские цифры), б — в 1982 г.; 2—5 — борта каньона: 2 — эрозионно-денудационные, 3 — денудационные выровненные, 4 — денудационные ступенчатые; 5 — аккумулятивно-денудационные; 6, 7 — поверхность шельфа: 6 — аккумулятивная, 7 — эрозионно-аккумулятивная; 8 — бровка шельфа: а — на границе с материковым склоном, б — на границе с каньоном; 9 — эрозионные ложбины, протягивающиеся в пределы шельфа; 10 — развивающиеся эрозионные долины на бортах каньона; 11 — отмершие эрозионные долины; 12 — днище каньона, частично заполненное песчаными осадками; 13 — ложбины эрозионно-тектонического происхождения. На врезке: положение района работ (заштриховано); стрелками показано направление поверхностных течений [5].

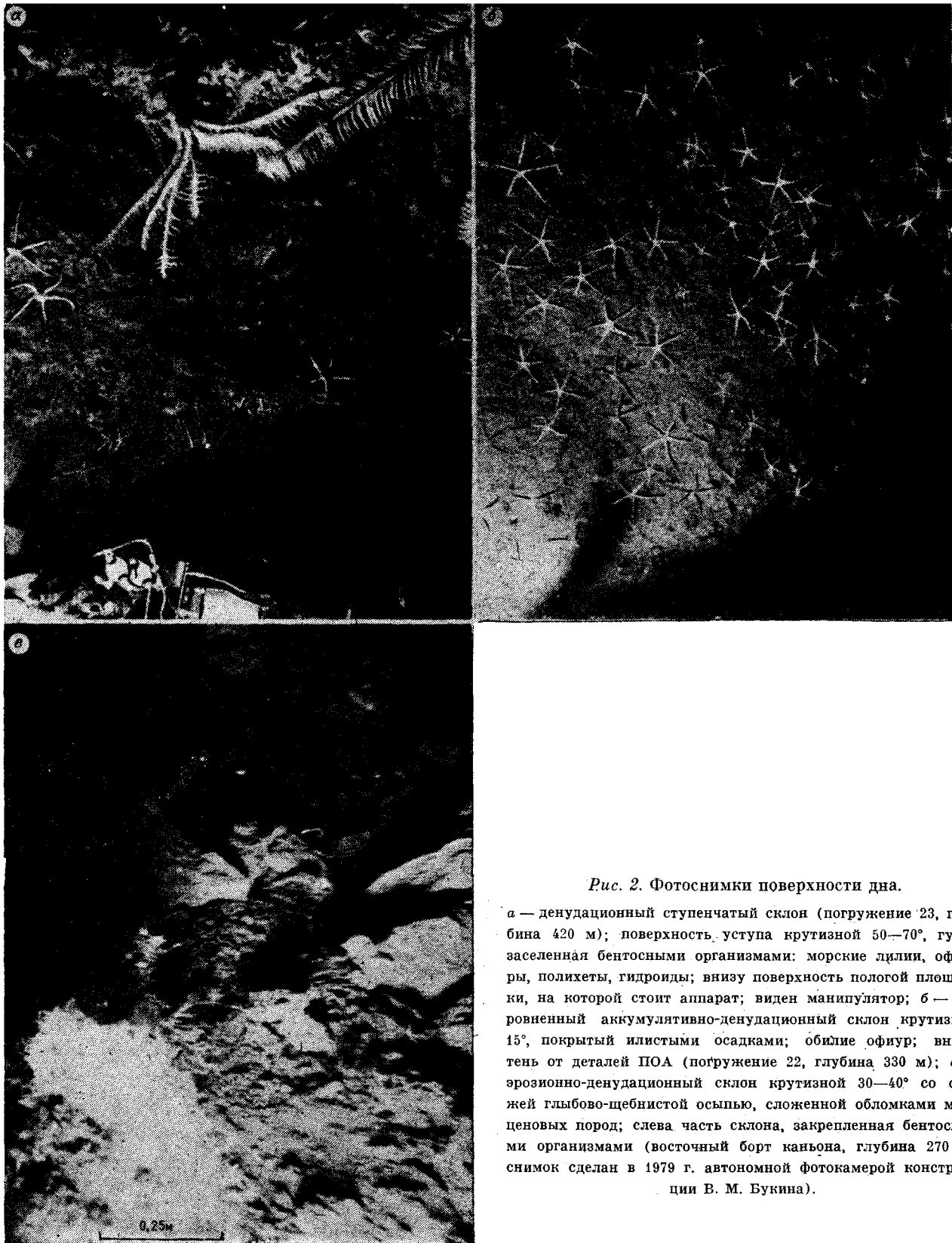
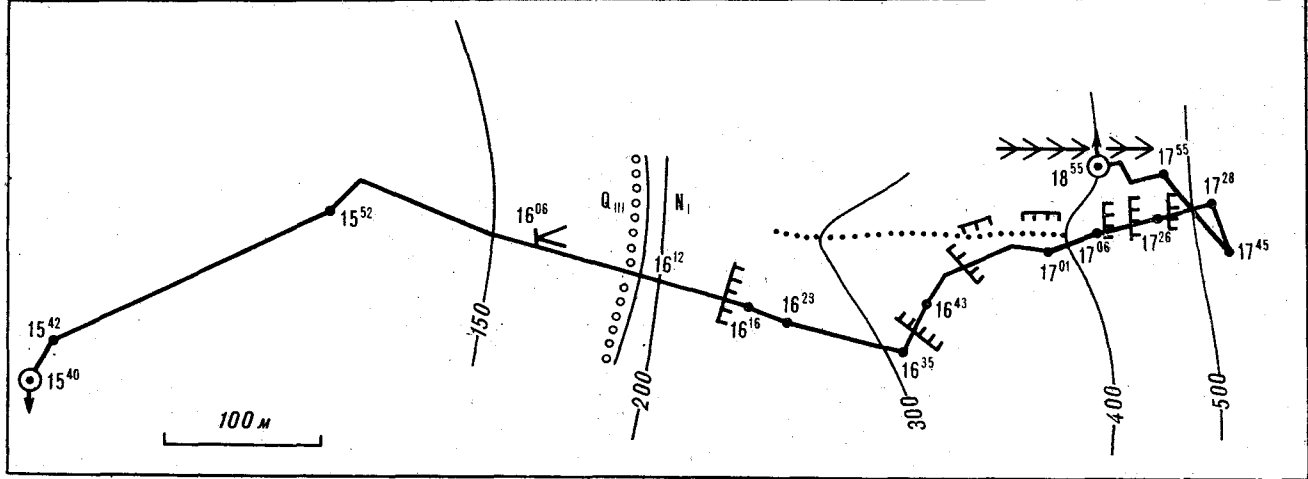


Рис. 2. Фотоснимки поверхности дна.

а — денудационный ступенчатый склон (погружение 23, глубина 420 м); поверхность уступа крутизной 50—70°, густо заселенная бентосными организмами: морские лилии, офиуры, полихеты, гидроиды; внизу поверхность пологой площадки, на которой стоит аппарат; виден манипулятор; *б* — выровненный аккумулятивно-денудационный склон крутизной 15°, покрытый илистыми осадками; обилие офиур; внизу тень от деталей ПОА (погружение 22, глубина 330 м); *в* — эрозионно-денудационный склон крутизной 30—40° со свежей глыбово-щебнистой осью, сложенной обломками миоценовых пород; слева часть склона, закрепленная бентосными организмами (восточный борт каньона, глубина 270 м; снимок сделан в 1979 г. автономной фотокамерой конструкции В. М. Букина).



18⁵⁵ 1 2 100 3 E 4 5 6 7 Q_{III} N₁ 8

Рис. 3. Схема погружения № 23.

1 — маршрут погружения у дна и временные отметки; 2 — места погружения и всплытия аппарата; 3 — изобаты (м); 4 — основные уступы; 5 — русло эрозионно-тектонической ложбины; 6 — гребень; 7 — место схода суспензионного потока; 8 — геологическая граница с базальным горизонтом.

5°. В пределах изученных глубин оно покрыто песками с гравием, образующими пологие валы высотой 0,5—0,8 и шириной до 15 м. У подножия склонов встречаются отдельные хорошо окатанные валуны и галька. На глубине 520 м направление основного русла резко изменяется, с северо-запада к нему примыкает крупная ложбина, разделяющаяся выше на ряд мелких, исчезающих у бровки шельфа.

Борта каньона на участке его северо-восточного простираения по данным эхолотирования имеют выровненную поверхность со средними уклонами около 25—35°. При обследовании из ПОА выявлено более сложное, ступенчатое строение склонов. Ступени ориентированы вдоль изобат, высота их изменяется от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров и даже десятков метров. Ширина разделяющих их слабонаклонных площадок, покрытых илистыми осадками, составляет в среднем 3—5 м. Крутая часть ступеней (уступы) имеет обычные уклоны 50—70°, в нижней части бортов среди них часто встречаются вертикальные и даже нависающие стенки.

Слоистость слагающих пород отчетливо прослеживается как в рельефе, когда отдельные плотные слои выделяются в виде ребер и нависающих карнизов, так и по степени обрастания бентосными организмами (рис. 2, а). Очень часто уступы, в том числе самые крутые, покрыты маломощным илистым горизонтом. Иногда рабочий орган манипулятора входит в него на глубину 20—30 см. Кроме этого, сами ступени во многих случаях заложены в слабоуплотненных четвертичных осадках. В верхней части склона у подножия многих

уступов встречены угловатые комки и глыбы слабоконсолидированных пород. Все это говорит об эрозионном происхождении ступеней при неравномерном подводном разрушении осадочной толщи. Поверхность уступов плотно заселена бентосными организмами: гидроидами, полихетами, губками, морскими лилиями.

Помимо продольных форм склоны каньона осложнены поперечными ложбинами и разделяющими их гребнями. Глубина вреза ложбин не превышает 20—30 м при ширине 50—100 м. Часто они имеют висячие русла, как, например, ложбина, изучавшаяся в погружении 23 (рис. 3), а в верховьях исчезают, не доходя до бровки шельфа. На склонах ложбин ступени отпрепарированы более отчетливо, тогда как на гребнях они выполаживаются. Простираение почти всех выявленных ложбин близко к субширотному и может свидетельствовать о заложении их по единой системе мелких тектонических нарушений, параллельных материковому склону. Крупные боковые притоки, впадающие в каньон за пределами шельфа, имеют выровненные заиленные склоны (см. рис. 2, б), на которых лишь в отдельных местах прослеживаются выходы слабоуплотненных осадочных пород в виде невысоких гряд с поселениями гидроидов и морских лилий.

По результатам обследования из ПОА и дистанционными методами выявлено, что каньон и его притоки врезаны в толщу осадочных отложений неоген-четвертичного возраста. Наиболее древние породы — миоценовые алевролиты, песчаники, туфонесчаники и туфодиациты — подняты при драгировании бортов каньона.

на с глубин 400—700 м [2]. При погружениях ПОА они, вероятно, наблюдались у основания наиболее крутых уступов западного борта каньона, хотя получить манипулятором пробы из-под илистого покрова не удалось. Плиоценовые отложения, представленные песчано-валунными осадками, поднимались при драгировании с глубин 140—200 м и прослежены из ПОА по появлению на склоне на глубинах около 180—200 м хорошо окатанных валунов. Выявлено, что они распространены эпизодически и в районе исследований встречены только на бортах каньона, на участке пересечения им бровки шельфа. Перенесенные из этих выходов валуны встречены на склоне на глубинах 200—270 м, а также в днище каньона.

Среди плейстоценовых образований, широко опробованных в погружениях, можно выделить два горизонта: нижнеплейстоценовый, соответствующий зырянскому похолоданию и каргинскому оптимуму, и верхнеплейстоцен-голоценовый периода сартанского похолодания и последующего потепления в пребореале и бореале. Нижнеплейстоценовый горизонт представлен уплотненными мелкоалевритовыми и алевропелитовыми голубовато-серыми илами с гравием и обильными мелкими включениями слюды. В верховьях каньона встречены прослойки песка и гравия. По определению И. Б. Цой, остатки диатомовых представлены смешанным комплексом с преобладанием литоральных и прибрежно-морских видов и присутствием как типично морских, так и типично пресноводных форм. Эти отложения облекают борта каньона, слагая на поверхности уступов покровы с видимой мощностью до 1—2 м. В северо-восточных верховьях каньона основное русло и боковые притоки до глубин 200—250 м целиком врезаны в верхнеплейстоценовые отложения, заполняющие древний эрозионный врез.

Верхнеплейстоцен-голоценовые отложения покрывают поверхность шельфа и представлены хорошо сортированными средне- и крупнозернистыми песками. На склонах каньона они эпизодически распространены на уступах, в руслах ложбин и притоков и характеризуются быстрой изменчивостью литологического состава как в разрезе, так и по простиранию. Здесь они сложены плохо сортированными песками, крупными алевритами, мелкоалевритовыми илами с примесью гравия и обломков неогеновых пород. Диатомовая флора в осадках представлена смешанным комплексом, переотложенным из неогеновых и позднеплейстоценовых отложений с увеличением содержания современных нормально-морских бентосных видов.

Все погружения ПОА проводились в периоды со спокойной гидродинамической обстановкой, и прямых проявлений литодинамических

процессов, характерных для материкового склона, не наблюдалось. Косвенные же признаки деятельности суспензионных потоков и гравитационного обрушения распространены довольно широко. Это свежие уступы, промоины, борозды с незаиленной и слабообросшей поверхностью на эрозионно-денудационных участках (см. рис. 1), отсутствие илистых осадков и обрастания в днище, глыбы и щебень уплотненных осадков у подножия уступов. В ряде мест на глубине 150—170 м при посадке ашпарата на дно возникали маломощные суспензионные потоки большой плотности (см. рис. 3).

На прилегающем шельфе во время погружений наблюдался «горизонт штормового взмучивания», сложенный обводненным алевритовым и пелитовым материалом. Эпизодически, во время экстремальных штормов, он способен переходить во взвешенное состояние и перемещаться вместе с водными массами. На внешнем шельфе залива Петра Великого суммарный перенос водных масс контролируется действием Приморского холодного течения, направленного вдоль побережья в юго-западном направлении (см. рис. 1, врезка). Это определяет преимущественное поступление терригенного материала в восточные отроги каньона и создает условия для формирования здесь маломощных суспензионных потоков. Периодичность их проявления в связи с малой скоростью поступления наносов составляет, вероятно, несколько лет. Это подтверждается и результатами фотографирования, выполненного на восточном борту каньона в сентябре 1979 г. вскоре после прохождения тайфуна «Ирвинг», сопровождавшегося микросейсмической бурей с высокими амплитудами колебаний [6]. В отличие от фиксируемых из ПОА в 1982 г. заиленных склонов на этих фотоснимках в руслах небольших промоин на глубинах 200—300 м отчетливо прослеживаются выходы дочетвертичных пород, много мелких угловатых обломков со свежей поверхностью, часты песчано-щебнистые осыпи и оползни (см. рис. 2, в).

В связи с малой мощностью суспензионных потоков и участием в их формировании лишь тонкого алевритового и пелитового материала они способны эродировать только верхнюю часть русла каньона, заложенную в слабоуплотненных четвертичных отложениях. Следствием неравномерного снабжения терригенным материалом явилось асимметричное строение верховьев каньона за счет роста русла и боковых притоков в восточном и северо-восточном направлениях. Здесь наблюдается характерная для развивающихся каньонов [3, 7] сетка сходящихся долин типа «кленовый лист». В их осевых частях часты следы эрозии, а на шельфе они продолжают в виде промоин длиной до сотен метров (см. рис. 1). На за-

падном, северо-западном и восточном (ниже глубин 250—300 м) бортах каньона основными геоморфологическими факторами являются процессы подводной денудации. Площадное разрушение отложений, слагающих борта, происходит путем скалывания по трещинам отдельности и осыпания блоков, а также разрушения бентосными организмами (в слабоконсолидированных породах) или просто медленного оползания и осыпания в несвязных осадках. В районе бровки шельфа денудация последних идет быстрее, в результате этого верхняя часть склона имеет меньшие уклоны по сравнению с нижней, заложенной в неогеновых породах. Днище каньона постепенно заполняется песком, гравием и галькой, поступающими при разрушении бортов.

На основе морфологических особенностей, литологии и стратиграфического положения аккумулятивных тел и характера современных литодинамических процессов можно выделить несколько основных периодов образования каньона. Осадочная толща, в которой каньон впоследствии был заложен, сформировалась в миоцене. Она частично облекает поверхность акустического фундамента и составляет основную аккумулятивную часть современного шельфа. Бровка шельфа на конечном этапе ее образования, судя по отдельным выраженным в современном рельефе фрагментам палеорельефа и глубине залегания базального плиоцен-четвертичного горизонта, находилась на глубинах 180—230 м. На рубеже миоцена и плиоцена произошло воздымание суши и внутреннего шельфа, в результате чего в периоды эвстатических регрессий близ современной бровки шельфа находилась береговая линия с устьем крупной реки. Перемещение наносов этой реки по склону положило начало эрозионному процессу, который развивался далее по одной из тектонически ослабленных зон. Возможным толчком к развитию каньона могло быть и прорезание бровки шельфа, поднятой выше уровня моря, речной долиной.

Формирование основной долины каньона и его боковых притоков на участке северо-запад-

ного простирания происходит в плиоцене и раннем — среднем плейстоцене. На этом этапе существовали отдельные стадии активной эрозии, совпадающие с регрессиями, и замедления или прекращения ее и частичного заполнения осадками при трансгрессиях, но в целом, судя по отсутствию отложений данного возраста, резко преобладала эрозия. Материал, необходимый для формирования суспензионных потоков, поставлялся как речным стоком, так и вдольбереговыми потоками наносов. Эта часть терригенного сноса поступала в боковые притоки, определяя их развитие. В конце этапа происходит изменение палеогеографической обстановки, вызванное, вероятно, общим незначительным воздыманием района. Устье реки удаляется от верховьев каньона, смещается к западу, и основным источником терригенного материала становится вдольбереговой поток наносов с преобладающим переносом в западном направлении [4]. Начинается более активное развитие восточных притоков каньона, определившее его асимметричное строение (см. рис. 1).

В регрессивные периоды позднего плейстоцена, когда верховья каньона превращались в полузакрытый залив, вдающийся в низменное побережье, произошло частичное заполнение их прибрежно-морскими и лагунами тонкозернистыми осадками. В настоящее время Большой Гамовский каньон представляет собой отмирающую эрозионную долину, на бортах которой преобладают процессы гравитационного обрушения и оползания материала с постепенным их выравниванием и заполнением днища. Исключение составляют северо-восточные верховья каньона, где продолжается медленная эрозия суспензионными потоками и врез русла в рыхлые четвертичные отложения. Для геологических исследований в подобных условиях необходимо дополнительное оборудование ПОА легкой буровой установкой для отбора образцов слабоконсолидированных пород с глубин 0,5—0,8 м из-под чехла рыхлых наносов и горизонта отложений, подвергнутых биотурбации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов А. С., Букин В. М., Демиденко Е. Л. Опыт комплексного ландшафтно-геологического исследования на шельфе Японского моря. — Тез. докл. IV Всесоюзной школы морской геологии. Т. 2. М., 1980.
2. Васильев Б. И., Марков Ю. Д. Подводные каньоны на континентальном склоне залива Петра Великого (Японское море). — Океанология, 1973, т. 13, вып. 4.
3. Карabanов Е. В., Филалов В. А. Морфология и литодинамика подводных каньонов. — В кн.: Геолого-геоморфологические и подводные исследования озера Байкал. М.: ИО АН СССР, 1979.
4. Мечетин А. В., Рязанцев А. А., Шестера Л. А. Закономерности распределения грубообломочного материала в голоценовых отложениях шельфа юго-во-

сточного Приморья. — В кн.: Геология и геоморфология шельфа окраинных морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979.

5. Сизова Ю. В. Циркуляция вод Японского моря. — В кн.: Основные черты геологии и гидрологии Японского моря. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
6. Сушков Н. Г., Сушкова Л. В. Циклоны и микросейсмические бури на северо-западном побережье Японского моря. — В кн.: Тихий океан. Геофизика, геохимия, минеральные ресурсы. (Тез. докл. I Тихоокеанской школы морской геологии). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983.
7. Шепард Ф., Дилл Р. Подводные морские каньоны. — Л.: Гидрометеиздат, 1972.