

## СТРОЕНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ САХАЛИНА И ОСОБЕННОСТИ ЕЕ РАЗВИТИЯ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ

О происхождении и возрасте рельефа прибрежной зоны Сахалина, в частности разновысотных террасовых уровней, окаймляющих побережье острова и выраженных несравненно лучше, чем на материковом побережье, не существует единого мнения. Ряд исследователей, начиная с Н. П. Тихоновича и И. П. Полевого [1], считают террасы морскими. Возможность морского происхождения террас признают, правда, с некоторыми оговорками, Г. С. Ганешин [2], А. Н. Александрова [3, 4]. Многие авторы в своих высказываниях не столь категоричны. Так, В. Г. Беспалый [5] признает морское происхождение только низких террас, высокие же считает континентальными образованиями. А. П. Кулаков [6], разделяя мнение о морском происхождении террас, отмечает полигенетичность слагающих их осадков. В пользу континентального происхождения отложений высоких террас западного побережья высказывалась О. Н. Чернышева [7], террас охотоморского побережья — А. П. Жузе на основании изучения диатомей [8]. Бесспорных доказательств в пользу той или иной точки зрения не существует, ввиду практического отсутствия в отложениях террас фаунистических остатков, а также явно недостаточной аналитической изученности террасовых отложений.

В нашей работе особенности строения прибрежной зоны Сахалина рассматриваются на основании изучения разрезв прибрежных террас комплексом методов и подводной окраины острова сейсмоакустическими методами. Подобный подход в данном случае оправдан, поскольку основными экзогенными факторами, влиявшими на формирование рельефа прибрежной зоны, являлись неоднократные гляциоэвстатические трансгрессии и регрессии Мирового океана, зона воздействия которых охватывала и значительную часть современного шельфа. Кстати, сахалинский шельф, ограниченный изобатой 200 м, вполне соизмерим по площади с островной сушей.

В плейстоцене основная часть Сахалина характеризовалась тенденцией к поднятию, особенно интенсивному в пределах антиклинальных структур, что нашло отражение, в частности, в небольшой мощности и преимущественно грубом составе отложений поднятых террас. В то же время подводная окраина острова и межгорные депрессии испытывали опускания, приведшие к накоплению мощных толщ в депрессиях и прогибах фундамента шельфа и отраженные в строении шельфовой ступени.

Основные особенности геолого-геоморфологического строения шельфа охарактеризованы по результатам дешифрирования и непрерывного сейсмоакустического профилирования, проводившегося в 1980—1982 гг. Несмотря на сравнительно небольшую протяженность профилей, они пересекают важнейшие структурные элементы, позволяют выявить общие закономерности, связанные с неоднородностью тектонических структур, а также конфигурацию, объем и заполнение рыхлыми отложениями осадочных бассейнов. На сейсмопрофилях достаточно уверенно дешифрируются и расчленяются породы акустического фундамента и перекрывающие их осадочные образования. Максимальная мощность изученных отложений составляет 450—500 м. Выделяются два структурных этажа: нижний, представленный осадочными породами мел-палеогена и интрузивными образованиями, сложно дислоцированными, раздробленными и смещенными по разломам, и верхний этаж, представленный новейшими слабо уплотненными и неуплотненными осадками.

В современном рельефе шельфа хорошо прослеживается тектонический план его строения, с преобладающим меридиональным простираем линейментов. В виде высокого порога, ограниченного сбросовыми уступами, протягивается цоколь шельфа между островами Сахалин и Хоккайдо; он представляет собой единую морфоструктуру, сложенную породами нижнего структурного этажа. Поднятиям фундамента в рельефе соответствуют горст-антиклинальные структуры (полуострова Ани-

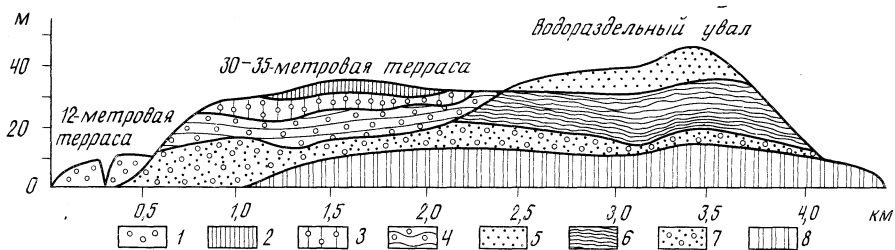


Рис. 1. Геолого-геоморфологическая схема разреза Арково. 1 — отложения 12—15-метровой террасы (галечники); 2—4 — отложения 30—40-метровой террасы (2 — супеси с галькой, 3 — галечники бурые, 4 — галечники охристо-бурые); 5—7 — отложения водораздельного увала (5 — алевроиты, 6 — ритмично-слоистые осадки, 7 — галечно-песчаные отложения), 8 — неогеновые породы доколя

ва, Крильон, Терпения и др.). На дне они продолжают в виде абразионных поверхностей. Верхняя подводная терраса оконтуривает практически всю береговую линию, опускаясь до глубин 30—50 м. Нижняя терраса лежит на глубинах от 130 до 150 м; рельеф ее поверхности неровный, осложнен многочисленными останцовыми грядами.

Верхний структурный этаж составляют новейшие осадочные образования, выполняющие прогибы в фундаменте шельфа — седиментационные бассейны. Строение осадочных бассейнов восстанавливается на основании анализа изопахит, сейсмоакустических профилей и сейсмостратиграфических колонок. Конечно, возможности метода ограничены, стратиграфическая интерпретация затруднена; однако возможно выделение различных геологических тел, выявление последовательных этапов аккумуляции и размыва и т. д. Крупные осадочные бассейны располагаются в заливах Анива и Терпения.

В заливе Анива осадочный бассейн занимает центральную часть акватории: он представляет собой северную оконечность крупнейшего прогиба, продолжающегося за пределами шельфа. Мощности осадочной толщи возрастают к южной части прогиба; именно там, за пределами шельфа, опускания были наиболее значительны, породы фундамента погружены на 450—500 м. Еще один бассейн, меньших размеров, протягивается западнее полуостровов Крильон и Соя; он занимает узкий трещинообразный прогиб, ограниченный с запада разломом.

В заливе Терпения, в центральной части акватории, фиксируется подводное поднятие, являющееся продолжением Сусунайского хребта; палеозойские породы, слагающие поднятие, срезаны абразией и представляют собой протяженные бенчи, почти лишенные осадков. Осадочный бассейн в заливе Терпения в северной части имеет сложную двухлепестковую форму, разделяясь подводным поднятием на западный и восточный. Сливаясь вместе, они образуют центральный бассейн, занимающий наиболее прогнутую часть шельфа. Котловина открыта к югу, где оборвана сбросом.

Максимальные мощности осадков, как правило, приурочены к центральным частям бассейнов, границы между толщами здесь обычно не имеют угловых несогласий. В береговой зоне мощности сокращены, характерно линзовидное залегание толщ, свидетельствующее о чередовании этапов врезания и заполнения, что в свою очередь отражает сложную палеогеографическую обстановку, существовавшую на шельфе в плейстоцене. В результате колебаний уровня моря шельф частично осушался, отложившиеся в морских условиях осадки расчленились выдвигающимися речными долинами. Одновременно с этим при осушении шельфа формировались толщи континентальных осадков. Существовала целая система глубоких врезов речных долин, впоследствии выполненных осадками, причем врезы часто наследовались.

Таково в самых общих чертах строение некоторых участков шельфа Сахалина. Что же касается высоких прибрежных террас, фрагментарно развитых вдоль побережья острова, то их количество, абсолютные отметки, возраст меняются от одного участка побережья к другому. Наиболее дифференцированные лестницы террас приурочены к устьям рек. В ходе наших исследований, проводившихся по комплексной

методике, были изучены многочисленные разрезы побережья Среднего и Южного Сахалина; результаты их изложены в монографии [9]. Здесь же мы подчеркнем особенности строения наиболее представительных разрезов.

В разрезе Арково, расположенном на западном побережье Сахалина, представлены: пойма высотой 7—10 м, 15-метровые террасы (аккумулятивные), и 30—40-метровая терраса, имеющая, как и прибрежный увал высотой 50—60 м, эрозионно-аккумулятивное строение, с цоколем из неогеновых алевритов, охарактеризованных фауной морских моллюсков (рис. 1). Плейстоценовые отложения террас в отличие от пород неогена характеризуются грубым, преимущественно галечниковым составом. В петрографическом составе гальки преобладают алевролиты, песчаники, туфогенные, окварцованные породы, поступившие из Западно-Сахалинских гор при разрушении последних.

Минералогические спектры отложений террас и неогенового цоколя обнаруживают значительное сходство; в них преобладают ильменит, гранат, турмалин, рутил, составляющие в сумме до 70—80%; явная унаследованность минералогического состава отражает значительную роль неогеновых пород в качестве источников сноса (кстати, переотложение влияет и на состав диатомового комплекса). Наиболее существенное отличие плейстоценовых осадков — появление в спектрах пироксенов (до 6—12%); их свежий облик, скачкообразный характер распределения, приуроченность повышенных концентраций к базальным горизонтам толщ позволяет связывать их поступление с размывом вулканогенных пород в верховьях долины.

Строение и состав каждого из террасовых уровней имеет свои особенности. Аккумулятивный покров 50—60-метрового уровня состоит из трех толщ общей мощностью 23 м: базального горизонта галечников с песком, с включениями стволов древесины (абс. возраст — запредельный, древнее 40 т.л.н.); ритмично-слоистых галечно-песчано-алевритовых осадков; сизоватых алевритов, накопление которых, по данным карпологического анализа, происходило в мелководном заболоченном водоеме, окруженном лиственничными лесами. 30—40-метровая терраса сложена тремя пачками галечников общей мощностью 25 м, залегающих друг на друге с размывом и отличающихся грубостью материала, интенсивностью прокрашивания окислами железа. Галечниковые фации преобладают и среди отложений низких террас, т. е. грубость отложений увеличивается вверх по разрезу. Количественные показатели вещественного состава различных уровней (при качественном сходстве) несколько различаются. Например, содержание пироксенов в отложениях 30-метровой террасы вдвое выше, чем в отложениях 50—60-метрового уровня. Содержание гальки алевролитов повышено в осадках 30-метровой террасы, песчаников — в отложениях низких террас; грубообломочный материал 50—60-метрового увала по составу и морфологии обломков имеет сходство с современным аллювием р. Арково и т. д. Очевидно, что во время формирования каждого из уровней происходила перегруппировка пород областей сноса, вызванные частичными перестройками тектоно-геоморфологического плана. Последовательной, закономерной смены растительных фаз не удается проследить и при анализе спорово-пыльцевых спектров; представлены как бы отдельные сохранившиеся от размыва фрагменты теплых и холодных ритмов [10].

Отложения террас прямо намагничены (эпоха Брюнес). Имея в виду, что аккумуляция отложений 15-метровой террасы происходила во второй половине позднего плейстоцена (абс. возраст растительных остатков  $28,675 \pm 0,3$  т.л.н. (МГУ-651),  $27,65 \pm 0,93$  т.л.н. (СОАН—93), мы считаем возможным условно отнести отложения 30—40-метрового уровня к первой половине позднего плейстоцена, 50—60-метрового — к среднему плейстоцену.

В разрезе Гастелло — Вахрушево, расположенном на восточном (залив Терпения) побережье Сахалина, представлены террасы высотой 5 — 8, 15, 50 м. 50-метровый террасовый уровень расчленен на отдельные останцы долинами рек, впадающих в залив Терпения. В строении аккумулятивного покрова террасы принимают участие грубые галечники с глинистым заполнителем (6 м), перекрытые илами с включениями растительной органики (3 м) и переслаивающимися суглинками и песками с галькой (5 м). Аккумулятивный участок 15-метровой террасы, строение которой хорошо видно в береговых обрывах залива Терпения, сложен двумя горизонтами галечников с прослоями песка, перекрытыми соответственно пачками суглинков и

супесей с прослоями торфа; абс. возраст торфа из основания террасы (гл. 14,5 м) —  $37,95 \pm 1,0$  т.л.н. (МГУ-666).

Характер построения разрезов отражает изменчивую обстановку осадконакопления; прослои грубых галечников типа руслового аллювия чередуются с илистыми горизонтами, иногда оторфованными, пойменными либо озерными. Минералогический состав песчаной фракции и петрографический состав гальки в отложениях разновысотных террас в качественном отношении сходны, что говорит об относительном постоянстве источников сноса. В то же время по количественным показателям разновысотные террасы заметно различаются. Проявляется отчетливая тенденция увеличения содержания пироксенов от древних уровней к молодым (28% в отложениях 50-метровой террасы, 43% — 15-метровой, 73% — в осадках прибрежного шельфа, 75% — на современном пляже). Очевидно, роль вулканогенных пород в качестве источников сноса постоянно нарастала.

Отложения террас содержат богатую диатомовую флору, что представляет особый интерес для определения генезиса отложений. В осадках 15-метровой террасы З. В. Алешинская [9] обнаружила пресноводные и пресноводно-солонатоводные водоросли, принадлежащие к 84 видам и 19 родам; видовое разнообразие достигает 30—54 форм. В составе комплекса преобладают многочисленные бентосные диатомеи, обитающие в неглубоких пресных заболоченных водоемах: *Tabellaria flocculosa*, 20 форм *Eunotia*, *Navicula mutica*, *N. bacilliformis*, 18 водорослей *Pinnularia*, *Neidium bisulcatum*, *Caloneis silicula*, 7 представителей *Symbella*, 9 форм *Gomphonema* и др. Присутствие в составе диатомового комплекса исключительно бентосных видов, разнообразие и частая встречаемость галофобов-обитателей пресных вод, соленость которых не превышает 0,02‰, свидетельствует о континентальном генезисе осадков, накапливавшихся в неглубоких пресных заболоченных водоемах, в суровых климатических условиях. В отложениях разреза наряду с пресноводными диатомеями, обитавшими в водоеме во время осадконакопления, встречаются морские диатомеи, переотложенные из отложений неогена. Доказательством вторичного залегания этих диатомей служит их возрастная и экологическая несовместимость с охарактеризованными выше комплексами; к тому же многие из них вымерли в неогене.

В разрезе 50-метровой террасы, в четырех различных слоях, диатомовые водоросли изучены В. С. Гуновой [9]. Они образуют два комплекса, в возрастном и экологическом отношении несовместимых. Комплекс пресноводных диатомей включает преимущественно галофобы, обитающие в мелководных заболоченных континентальных водоемах северотаежной зоны: *Eunotia praerupta* Ehr., *Pinnularia borealis* Ehr., *Pinnularia isolatauron* Grun., *Symbella* sp., *Stauroneis anceps* и др. Комплекс морских диатомей представлен в основном вымершими неогеновыми формами (*Poralia polaris* Grun., *Stephanorhynchus shehckii* Kanaya и др.); его следует считать переотложенным.

Итак, литолого-минералогический состав и данные диатомового анализа однозначно свидетельствуют в пользу континентального происхождения отложений террас. Аккумуляция осадков стимулировалась относительно высоким (трансгрессивным) положением уровня моря, вряд ли превышавшим современный. Если возраст отложений 30—40-, 50—60-метровых и более высоких террасовых уровней на Сахалине проблематичен, то время формирования отложений 15—20-метровой террасы определяется достаточно уверенно как для западного побережья ( $28,675 \pm 0,3$  т.л.н.,  $27,65 \pm 0,55$  т.л.н.), так и для восточного ( $37,95 \pm 1,0$  т.л.н.). Для сравнения отметим, что на побережье Японии, в районе Ниигаты, отложения заключительной стадии позднеплейстоценового потепления (абс. возраст 31—36 т.л.н.), по мнению японских исследователей, накапливались при положении уровня моря примерно на 60 м ниже современного [16].

В регрессивные эпохи палеогеографическая обстановка резко отличалась от современной (рис. 2). Береговые линии, как это видно из палеогеографической схемы для последней позднеплейстоценовой регрессии, располагались на современных глубинах около 135 м. Значительная часть шельфа была осушена. О соединении Сахалина с материком и Японскими островами свидетельствуют факты, приведенные в работах [3, 9, 12]. Поднятия Западно-Сахалинских гор и о-ва Хоккайдо составляли единый обширный массив суши; крупный блок суши существовал западнее п-ова Крыльон, по линии островов Монерон-Рисири; в настоящее время значительная его часть срезана абразией. Современный шельф представлял собой область размыва. Рельеф и гидрографическая сеть испытывали существенные перестройки. Акватория

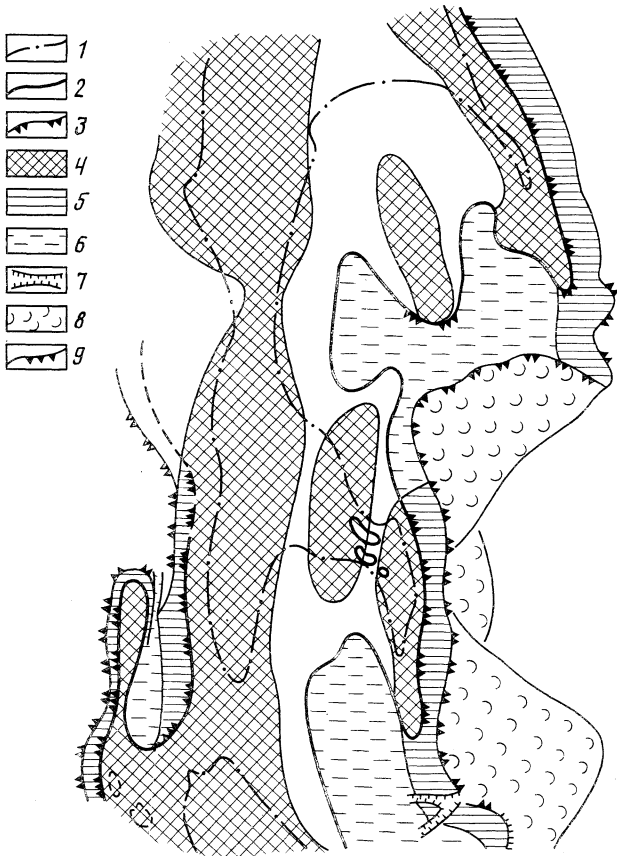


Рис. 2. Палеогеоморфологическая схема шельфа о-ва Сахалин в регрессивную стадию позднего плейстоцена 1 — современная береговая линия; 2 — береговая линия позднего плейстоцена (—135 м); 3 — бровка шельфа, оборванная сбросом; 4 — горные сооружения суши; 5 — абразионная терраса на коренном основании, 6 — области аккумуляции терригенных осадков, 7 — подводные каньоны, 8 — аккумулятивные конусы выноса на островном склоне, 9 — участки абразионного берега

залива Терпения разделялась срединным поднятием на две депрессии, которые дренировались реками пра-Поронай и пра-Оленья. Боковые притоки, впадавшие в р. Поронай справа, были значительно длиннее современных. Они образовали комплекс отложений аллювиальной равнины вдоль правого борта р. Поронай. Впоследствии при голоценовой трансгрессии эти отложения были в значительной степени уничтожены, а сохранившиеся от размыва фрагменты слагают абразионные обрывы побережья залива Терпения.

Современный облик рельефа побережья Сахалина в значительной мере связан с послеледниковой трансгрессией. При подъеме уровня моря на поднимающихся участках побережья происходила выработка абразионных клифов, срезающих разновозрастные, от неогеновых до позднелейстоценовых, отложения. На подводном склоне выработывались выровненные абразионные террасы-бенчи [12]. В приустьевых участках рек, приуроченных к депрессиям, возникали обширные лагуны и подпрудные озера (абс. возраст лагунных илов 8—9 т.л.н.). Начиная с субатлантического времени, в связи с некоторым снижением уровня моря, происходит замедление процессов абразии, образование отмерших клифов; сокращаются площади лагун и подпрудных озер, формируются низкие (до 3—5 м) террасы, аккумулятивные образования баров, пересыпей, (абс. даты для них:  $2,75 \pm 0,25$  т.л.н. (МГУ-882),  $1,67 \pm 0,22$  т.л.н. (МГУ-879)).

Итак, формирование рельефа прибрежной зоны Сахалина в плейстоцене происходило под активным воздействием гляциоэвстатических трансгрессий и регрессий Мирового океана. Вопрос о колебаниях уровня, о положении береговых линий в

различные эпохи плейстоцена до сих пор остается дискуссионным. В результате наших исследований получены новые материалы о строении шельфовой ступени, о значительных миграциях береговых линий, в регрессионные эпохи смещавшихся к бровке современного шельфа. Изучение высоких террас побережья показало, что в строении их аккумулятивного чехла принимают участие континентальные образования (позднеплейстоценовые, среднеплейстоценовые). Возможно, что заключение об отсутствии высоких террас, сложенных морскими осадками плейстоцена на побережье Приморья [6, 14, 15], окажется справедливым и в отношении Сахалина.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонович Н. П., Полевой П. И. Геоморфологический очерк Русского Сахалина // Тр. Геол. ком. Новая сер. Петроград, 1915. Вып. 120. 77 с.
2. Ганешин Г. С. Геоморфология // Геология СССР. Т. 33. Остров Сахалин. М.: Наука, 1970. С. 369—390.
3. Александрова А. Н. Плейстоцен Сахалина. М.: Наука, 1982. 192 с.
4. Александрова А. Н. Морские террасы Сахалина и Хоккайдо // Геоморфология и палеогеография шельфа. М.: Наука, 1978. С. 123—131.
5. Беспалый В. Г. К вопросу о четвертичных трансгрессиях и регрессиях в районах Сахалина и Курильской островной дуги // Доклады по геоморфологии и палеогеографии Дальнего Востока. Л.: ВГО, 1964. № 1. С. 56—66.
6. Кулаков А. П. Четвертичные береговые линии Охотского и Японского морей. Новосибирск: Наука, 1973. 187 с.
7. Чернышева О. Н. К вопросу о генезисе прибрежных террас западного побережья Сахалина. // Проблемы изучения четвертичного периода. Хабаровск, 1968. С. 240—241.
8. Жузе А. П. Стратиграфические и палеогеографические исследования в северо-западной части Тихого океана. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 258 с.
9. Новейшие отложения и палеогеография плейстоцена Сахалина. М.: МГУ, 1988: 234 с.— Деп. в ВИНТИ, № 9068-В-88.
10. Воскресенская Т. Н., Алешинская З. В., Шумова Г. М. Новые данные о строении прибрежных террас о-ва Сахалин // Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. Сб. 8. М.: Из-во МГУ, 1982. С. 146—152.
11. Minato M., Suyata K., Hasegawa K. et al. Absolute age of surface Late Quaternary deposits in the Niigata Lowland // J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. 4. 1967. V 13. № 4. P. 37—42.
12. Гальцев-Безюк С. Д. О соединении Сахалина с материком и о-вом Хоккайдо в четвертичное время // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1964. № 1. С. 56—61.
13. Медведев В. С. Некоторые черты строения и динамики западного побережья о-ва Сахалин. // Тр. Океанограф. комиссии АН СССР. 1961. № 8. С. 65—84.
14. Денисов С. В. Возраст материкового побережья Охотского моря // Докл. АН СССР. 1979. Т. 247. № 3. С. 650—652.
15. Каплин П. А., Курсалова В. И., Соколова Н. С. Позднеплейстоценовые этапы развития шельфа и побережья Приморья // Геоморфология и палеогеография шельфа. М.: Наука, 1978. С. 197—203.

Московский государственный  
университет им. М. В. Ломоносова  
Географический факультет

Поступила в редакцию  
17.IV.1990

#### COASTAL ZONE OF THE SAKHALIN ISLAND: ITS EVOLUTION DURING THE PLEISTOCENE

T. N. Voskresenskaya, V. M. Bukin

#### S u m m a r y

During the Pleistocene the Sakhalin Island coastal zone was heavily influenced by glacioeustatic transgressions and regressions of the World Ocean. Some features of the coasts' evolution have been elucidated as a result of studies of marine terraces (using integrated approach) and seismic-acoustic profiles of the submarine margin of the island. New data have been obtained on the shelf structure and coastline migrations down to the shelf's edge during regressions. As a matter of discussion a suggestion is made that the deposits on high coastal terraces are of continental origin. 15-meters terrace deposits are positively dated to the 2nd half of the Late Pleistocene (radiocarbon dates are between 27 and 39 ka BP); 30 to 40 m and 50 to 60 m terraces are tentatively ascribed to the first part of the Late Pleistocene and to the Middle Pleistocene respectively.