

LICHENOMETRIC DATING OF NATURAL  
AND ARTIFICIAL LANDFORMS  
AT THE ALTAI MOUNTAINS

O. N. SOLOMINA, A. V. CHAIKO, I. E. CHAIKO

Summary

The lichenometric investigations on Bronze Age stone graves about 1000 and 2500 years old were carried out in Jasator valley (Yuzhno-Chuisky Ridge, Altai). 71 archeological sites were investigated and the growth rates of lichens *Lecanora bicincta*, *Aspicilia* sp., *Rhizocarpon geographicum*, *Parmelia taractica* + *P. separata* were determined. These data allowed to estimate the age of the surface of a rock glacier in the same valley.

УДК 551.4.07(235.31)

В. Н. УСТИНОВ, О. Г. САЛТЫКОВ, Ю. М. ЭРИНЧЕК

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОЗДНЕПАЛЕОЗОЙСКОГО РЕЛЬЕФА ВОСТОЧНОГО  
БОРТА ТУНГУССКОЙ СИНЕКЛИЗЫ  
(Малоботубинский и Моркокинский алмазоносные районы)

Восточный борт позднепалеозойской Тунгусской синеклизы является ареной широкомасштабных поисков коренных и россыпных месторождений алмазов. В его пределах открыт ряд алмазоносных кимберлитовых трубок, обнаружены верхнепалеозойские и более молодые россыпи. Возраст прорывающих нижнепалеозойскую терригенно-карбонатную толщу кимберлитовых тел оценивается большинством исследователей как позднедевонский — раннекаменноугольный [1, 2]. С последующим за внедрением кимберлитов позднепалеозойским этапом развития территории связано несколько эпох размыва коренных источников алмазов и захоронения продуктов их разрушения с образованием нескольких разновозрастных уровней алмазных россыпей. В связи с этим воссоздание палеогеоморфологических и палеогеографических обстановок позднего палеозоя представляет большой практический интерес.

Верхнепалеозойские отложения, содержащие продукты разрушения кимберлитов, залегают на разновысотной и неравномерно эродированной поверхности нижнепалеозойского терригенно-карбонатного кимберлитовмещающего цоколя, местами перекрытого верхнедевонскими — нижнекаменноугольными корами выветривания. Разрез отложений верхнего палеозоя представляет собой циклическую построенную толщу (до 150—200 м) чередующихся песчаников и алевролитов с прослоями конгломератов и гравелитов, образующих циклиты I—IV порядков, которые соответствуют пакетам, пачкам, свитам и сериям [3].

Верхнепалеозойская толща, состоящая из двух серий (циклитов IV порядка), включает в себя лапчанскую ( $C_1^1$ ), ботубинскую ( $C_2^2 - P_1^1$ ) свиты, переходную толщу ( $P_1^2$ ), боруллойскую ( $P_2^2$ ) и дегалинскую ( $P_2^2$ ) свиты, соответствующие циклитам II—III порядков. Подразделения меньшего ранга (пачки и пакеты) входят в состав свит и обозначаются буквенно-цифровыми индексами. Так, лапчайская свита (пачка Б) состоит из двух пакетов (циклитов I порядка) Б-1 и Б-2, ботубинская (пачки В, Г) включает пакеты В-1, В-2, Г-1 и Г-2, переходная толща (пачка Д) образована циклитами Д-1 и Д-2 (рис. 1). Отложения боруллойской свиты (пачки Е, Ж) представлены пакетами Е-1, Е-2, Ж-1, Ж-2, а дегалинской (пачка З) — пакетами З-1 и З-2.

К низам циклитов, характеризующихся постепенным утоньшением зернистости вверх по разрезу, нередко приурочены линзы гравелитов и конгломератов. Чаше

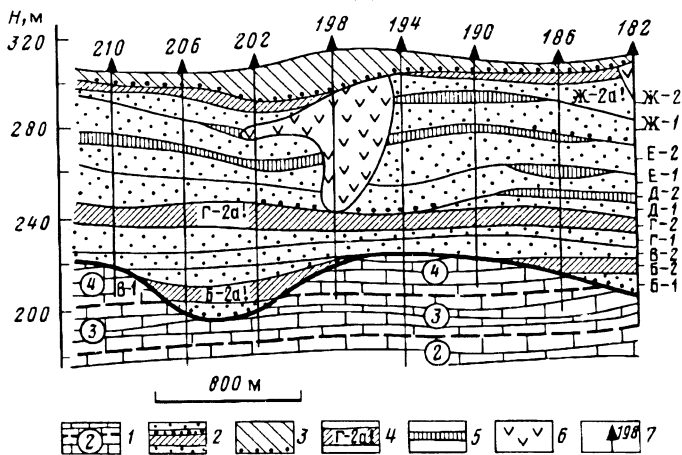


Рис. 1. Геологический разрез верхнепалеозойских отложений восточного борта Тунгусской синеклизы (правобережье р. Вилюй)

1 — нижнепалеозойские терригенно-карбонатные отложения (цифры в кружках — номера пакетов); 2 — верхнепалеозойские терригенные отложения (справа — индексы циклитов); 3 — юрские терригенные отложения. Маркирующие горизонты в верхнепалеозойской толще и их индексы: 4 — региональные, 5 — локальные; 6 — раннемезозойские интрузивные траппы; 7 — скважины и их номера

всего с ними связаны наиболее интересные в практическом отношении алмазоносные горизонты, залегающие в нижних частях пакетов Б-1, Б-2, В-1, Г-2, Е-1 и сформированные в течение пяти основных эпох россыпеобразования: ранне- и позднелапчанской, ранне- и позднеботуобинской, раннеборуллойской. Верхние части циклитов, состоящие преимущественно из алевролитов и аргиллитов с малоомощными (0,5—1,0) линзами бурых углей, образуют маркирующие горизонты различного ранга (региональные и локальные), сформированные в прибреговой зоне обширного солонатоводного бассейна. К региональным маркирующим горизонтам относятся наиболее выдержанные на значительной площади пласты, залегающие в верхах лапчанской, ботуобинской и боруллойской свит (именуемые соответственно Б-2а! Г-2а! и Ж-2а!).

Одним из ведущих факторов, предопределивших особенности накопления верхнепалеозойской терригенной толщи, условия размыва коренных источников и формирования алмазоносных росыпей, является синхронный осадконакоплению рельеф. Поэтому воссоздание облика древнего рельефа — одна из важнейших задач в комплексе прогнозных построений. Реконструкция позднепалеозойского рельефа, погребенного или уничтоженного в геологическом прошлом в том виде, который он имел перед захоронением, на несколько «продуктивных» возрастных срезов дает возможность воссоздать историю его развития, проследить эволюцию путей переноса алмазоносного материала и в ряде случаев наметить местоположение кимберлитовых тел. Первоочередной задачей является реконструкция рельефа к началу среднекаменноугольного этапа развития региона (ранне-лапчанское время).

Ранне-лапчанский рельеф восточного борта Тунгусской синеклизы претерпел со времени погребения под толщей верхнепалеозойских отложений существенные изменения. Процессы, изменяющие погребенный рельеф, названы Ю. Ф. Чемековым и В. И. Галицким [4] метаморфогенезом. Выделяются четыре генетические категории метаморфогенеза. 1) трансформация погребенного рельефа при изменении формы геологических тел без существенного изменения их объема, обусловленная тектоническими движениями, происходившими после образования рельефа; 2) преобразование, обусловленное увеличением или уменьшением объема горных пород и слагаемых ими геологических тел, в процессе диагенеза и под влиянием нагрузок; 3) деформации магматизмом и диапиризмом; 4) изменения в связи с обрушением внутренних пустот (карстовых, техногенных и пр.).

В пределах рассматриваемой территории наиболее существенные деформации были вызваны мезозойско-кайнозойскими тектоническими движениями и интрузиями долеритов в раннем триасе. Кроме того, в эпохи, когда поднятия выводили раннелапчанский рельеф на дневную поверхность, он местами был уничтожен денудацией.

Для реконструкции палеорельефа восточного борта Тунгусской синеклизы нами был использован метод реперных (опорных) поверхностей, предложенный В. А. Котлуковым [5]. Он применялся при воссоздании позднепалеозойского рельефа Донецкого, Печорского бассейнов и других угленосных регионов СССР. В его основе лежит предположение о первичной субгоризонтальности опорного горизонта. Кровля (подошва) такого пласта обычно принимается за горизонтальную нулевую поверхность. Расстояния по вертикали от кровли реперного горизонта до восстанавливаемой поверхности будут являться одновременно ее гипсометрическими отметками и мощностями коррелятных рельефу образований. Реперной поверхностью может быть кровля (или подошва) пласта, удовлетворяющего следующим требованиям: 1) широкое площадное развитие; 2) однородность литологического состава и органических остатков, указывающих на идентичность батиметрических условий седиментации на всей площади; 3) расположение опорного горизонта как можно ближе к реконструируемой поверхности; 4) небольшой интервал времени между образованием реконструируемой поверхности и опорного горизонта; 5) отсутствие следов денудации на опорной поверхности.

В качестве опорных горизонтов верхнепалеозойского разреза восточного борта Тунгусской синеклизы не все региональные маркирующие пласты отвечают предъявленным требованиям. Так, пласт Б-2а!, входящий в состав лапчанской свиты, развит ограниченно по площади. Пласт Ж-2а!, залегающий в верхней части разреза верхнего палеозоя, достаточно далек от поверхности нижнепалеозойского цоколя, а кроме того, нередко размыт или нарушен раннетриасовыми тектономагматическими процессами. В большей степени для палеогеоморфологических реконструкций применим пласт Г-2а!. Он прослеживается довольно широко в верхах ботубинской свиты и характеризуется однородным литологическим составом, наличием фауны, свидетельствующей о его формировании преимущественно в водном бассейне с близкими глубинами, отсутствием существенных следов размыва и относительно недалеко от реконструируемой поверхности.

Для воссоздания раннелапчанского рельефа в качестве базисных были приняты карты рельефа кровли кимберлитовмещающего нижнепалеозойского терригенно-карбонатного цоколя (рис. 2, а) и реперного горизонта Г-2а! (рис. 2, б). При их составлении использовались материалы, полученные авторами при изучении керна и диаграмм  $\gamma$ -каротажа скважин, пробуренных экспедициями объединения «Якутскгеология». Дополнительно привлекались описания скважин, выполненные геологами этой организации. В результате практически вся изучаемая территория оказалась покрыта точками наблюдения, расстояние между которыми составило в среднем 0,5—1 км, только в северной части региона местами оно увеличивается до 2—4 км. Карты составлены в масштабе 1 : 200 000 с сечением изогипс 20 м. В статье приведен их генерализованный вариант в более мелком масштабе с разреженным сечением изогипс 60 м.

При составлении карты рельефа кровли погребенного цоколя использовались лишь те разрезы, в которых цоколь погребен под толщей верхнего палеозоя. На участках локального размыва этой толщи (главным образом в современных долинах) горизонтالي проводились методом интерполяции. Непосредственно за границей областей современного развития верхнепалеозойских отложений, где после завершения процессов позднепалеозойского осадконакопления цоколь был срезан, горизонтали проводились путем экстраполяции. Особым знаком выделены участки, где рельеф искажен при внедрении раннемезозойских траппов. В одних случаях эти деформации не столь велики и могут быть устранены при дальнейших реконструкциях (участки внедрения слабо дифференцированных интрузий),

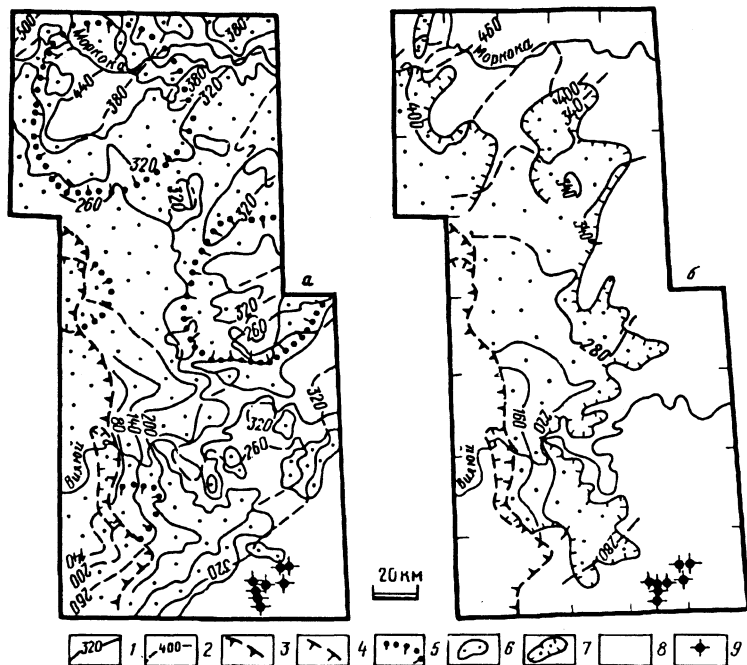


Рис. 2. Карты рельефа кровли нижнепалеозойского терригенно-карбонатного цоколя (а) и рельефа поверхности (кровли) реперного горизонта Г-2а¹ — верхов ботуобинской свиты (б). Изогипсы поверхности нижнепалеозойского цоколя и реперного горизонта Г-2а¹ (м): 1 — достоверные, 2 — предполагаемые; участки преобразования рельефа интрузиями раннетриасовых траппов: 3 — Ахтарандинская зона интенсивных дислокаций мощными интрузиями, 4 — участки сильных деформаций дифференцированными интрузиями, 5 — участки умеренных деформаций слабо дифференцированными интрузиями; 6 — площади перекрытия нижнепалеозойского цоколя верхнепалеозойскими отложениями; 7 — площади современного распространения реперного горизонта Г-2а¹; 8 — площади отсутствия верхнепалеозойских отложений и пород реперного горизонта; 9 — верхнедевонские — нижнекаменноугольные кимберлитовые трубки

в других — восстановить рельеф невозможно (Ахтарандинская зона дислокаций).

Абсолютные высоты кровли погребенного кимберлитовмещающего цоколя варьируют от 80 до 500 м и более. Поверхность ее осложнена рядом положительных изометричных и отрицательных долиноподобных форм. Высоты уменьшаются к западу и возрастают на северо-запад и юго-восток. Такие изменения совпадают с тенденциями увеличения амплитуды воздымающихся на современном этапе структур: Непско-Ботуобинской (на юго-восток) и Анабарской (на северо-восток) антеклиз. Минимальные отметки характерны для Ахтарандинской зоны дислокаций мезозойского возраста. Особенности рельефа цоколя могут свидетельствовать о значительном воздействии на него неравномерных тектонических воздыманий, проявившихся после его погребения в позднем палеозое.

При составлении карты погребенного рельефа поверхности реперного горизонта использованы практически все разрезы верхнего палеозоя, в которых сохранилась от последующего размыва кровля опорного пласта. При наличии в разрезах трапповых тел, расположенных ниже реперного горизонта, отметки кровли опорного слоя нами снижались на величину, равную их мощности. На участках размыва мощности определялись интерполяцией по ближайшим точкам.

Поверхность кровли реперного горизонта Г-2а¹ характеризуется увеличением абсолютных высот на северо-запад от 160 до 500 м и на юго-восток до 320 м. Минимальные высоты отмечаются в западной части региона, примыкающей к Ахтарандинской зоне дислокаций. В пределах самой зоны реперный горизонт

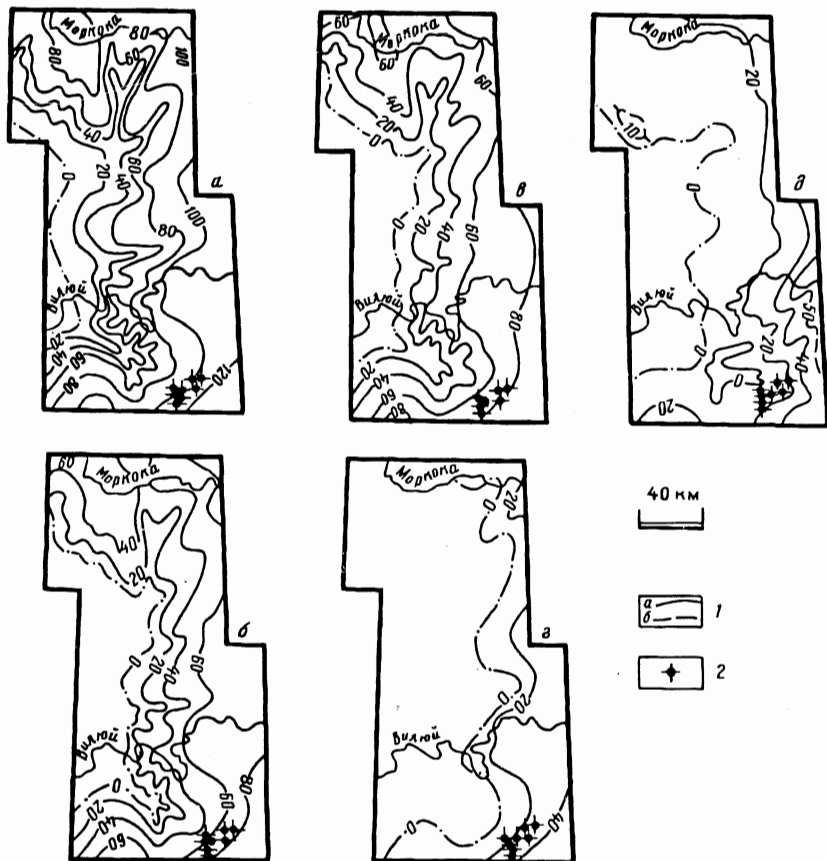


Рис. 3. Карты реконструированного позднепалеозойского рельефа восточного борта Тунгусской синеклизы: раннелапчанского (а), позднелапчанского (б), раннеботуобинского (в), позднеботуобинского (г), раннеборууллоиского (д)

1 — изогипсы реконструированного рельефа: а — основные (сечение 20 м), б — дополнительные (сечение 10 м); 2 — верхнедевонские — нижнекаменноугольные кимберлитовые трубки

проследить не удалось ввиду интенсивного воздействия на верхнепалеозойскую толщу интрузий траппов.

Две рассмотренные выше карты обладают рядом общих черт, выражающихся в сходных тенденциях изменения абсолютных высот. Главной причиной сходства явились скорее всего синхронные тектонические воздымания, которые в равной степени оказали влияние на кровли терригенно-карбонатного цоколя и реперного горизонта. Суммарная амплитуда этих движений, устанавливаемая по амплитуде высот кровли реперного горизонта, составляет не менее 300 м.

При восстановлении среднекаменноугольного (раннелапчанского) рельефа вычислялись разности значений отметок кровель опорного слоя и нижнепалеозойского цоколя. Полученные величины отвечают мощностям толщи, залегающей между ними. По этим величинам, взятым со знаком «минус», с интервалом 20 м, проведены горизонталы реконструируемой поверхности. Поскольку кровля репера принята за горизонтальную поверхность, то максимальные мощности соответствуют отрицательным формам древнего рельефа, а минимальные — положительным. Для удобства пользования произведена переоцифровка изопакит. Учитывая, что максимальная мощность отложений лапчанской и ботуобинской свит равна 80 м, горизонталь —80 м принята за нулевую (рис. 3, а). В районе этой горизонтали обычно весь разрез отложений лапчанской свиты сложен бассейно-

выми фациями. По мере увеличения высот древнего рельефа в ее разрезе увеличивается роль континентальных образований. Таким образом, нулевая горизонталь отмечает минимальный уровень раннелапчанского бассейна и соответствует базису эрозии начала позднепалеозойского этапа развития региона.

Отложения пакета Б-1 лапчанской свиты среднего карбона — древнейшие из залегающих в основании верхнепалеозойской толщи. Они выполняют днища долинообразных понижений, а также встречаются фрагментами на склонах пологих поверхностей, фиксируя время перехода этих форм рельефа в реликтовое состояние. Строго говоря, среднекаменноугольными можно считать лишь участки, погребенные отложениями пакета Б-1. Однако необходимо учитывать, что лапчанская свита подвергалась частичному размыву на наиболее возвышенных участках без существенного преобразования кровли терригенно-карбонатного цоколя. О последнем свидетельствуют реликты кор выветривания на поверхности цоколя. Следовательно, облик рельефа, сформированного к раннелапчанскому времени, в целом не изменился и в позднем палеозое. Поэтому карта реконструированного рельефа кровли терригенно-карбонатного цоколя отражает его строение в среднекаменноугольное (раннелапчанское) время.

Восстановленный раннелапчанский рельеф может быть использован в качестве своеобразной матрицы для реконструкции рельефа других важных в практическом отношении временных срезов. Так, рельеф раннеботуобинского и раннеборуллойского времени (рис. 3, в, д) восстановлен путем увеличения высот раннелапчанского рельефа на величины мощностей, в первом случае — лапчанской свиты, во втором — суммарной мощности лапчанской и ботуобинской свит, а также переходной толщи. Для построения рельефа позднелапчанского и позднеботуобинского времени (рис. 3, б, г) выбирались лишь те разрезы, в которых кровли указанных пакетов остались ненарушенными последующими эрозионными процессами. На участках локальных размывов производилась интерполяция по ближайшим значениям.

Таким образом установлено, что первичный облик позднепалеозойского рельефа восточного борта Тунгусской синеклизы значительно искажен тектономагматическими процессами метаморфогенеза, а местами уничтожен комплексной денудацией. На основании его реконструкции с использованием реперного горизонта Г-2а! представилось возможным восстановить рельеф пяти «продуктивных» срезов. Полученные карты отражают изменения рельефа от начала среднего карбона до начала поздней перми и характеризуют позднепалеозойский этап развития территории, связанный с размывом кимберлитовых тел и формированием алмазоносных ореолов рассеяния. Их использование совместно с результатами литолого-фациального анализа коррелятных отложений и данными по пространственно-временному распределению минералов-спутников алмазов позволит существенно повысить достоверность прогноза выявления погребенных коренных и россыпных месторождений алмазов на закрытых территориях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брахфогель Ф. Ф.* Геологические аспекты кимберлитового магматизма северо-востока Сибирской платформы. Якутск: Изд-во Якутского филиала СО АН СССР, 1984. 128 с.
2. *Михайлов М. В., Гридасов Н. В.* К вопросу о возрасте кимберлитовой трубки Мир//Материалы по геологии и полезным ископаемым Якутской АССР. Вып. II. Якутск: Изд-во Якутского филиала СО АН СССР, 1963. С. 64—70.
3. *Эринчек Ю. М., Салтыков О. Г., Бардина Е. И. и др.* Расчленение и корреляция верхней части разреза Мало-Ботуобинского района//Сов. геология. 1988. № 7. С. 68—80.
4. *Чемезов Ю. Ф., Галицкий В. И.* Погребенный рельеф платформ и методы его изучения. Л.: Недра, 1974. 207 с.
5. *Коплуков В. А.* Значение и методы построения реконструкций палеорельефа платформенных областей//Методы палеогеографических исследований. М.: Недра, 1964. С. 96—109.

RECONSTRUCTIONS OF THE LATE PALEOZOIC TOPOGRAPHY  
OF THE EASTERN FLANK OF THE TUNGUS SYNECLISE  
(Malobotuobinsky and morkokinsky diamond regions)

V. N. USTINOV, O. G. SALTYSKOVA, Yu. M. ERINCHKA

Summary

Methods developed by the authors were applied to reconstruct the Late Paleozoic buried topography on the eastern flank of the Tungus syncline (where two diamond regions of Western Yakutia are located: Malobotuobinsky and Morkokinsky). Principal types of tectonic distortions are identified which changed the primary appearance of the Late Paleozoic surface. The compilation of maps of reconstructed topography is a stage in the course of search and prospecting for diamonds in covered regions.

УДК 551.435.34(477.74)

Ю. Д. ШУЙСКИЙ

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА БЕРЕГА ЧЕРНОГО МОРЯ  
В РАЙОНЕ МЫСА БУРНАС

Первые количественные данные о морфологии и динамике берегов Черного моря в районе м. Бурнас были получены в начале 70-х годов [1]. В отличие от исследований В. П. Зенковича [2, 3], подробно измерялись параметры абразионных и аккумулятивных форм рельефа в береговой зоне. Инструментальные ежегодные наблюдения позволили оценить скорости абразии клифов и бенчей, изменчивость пляжей и крупных аккумулятивных форм, закономерности их взаимодействия.

В районе м. Бурнас стационарные работы проводились с 1968 г. на 11 участках (рис. 1). Длина берега составляет около 30 км, из которых 17,8 км занято активными клифами. Он интересен как классический пример «крылатого мыса» [3], — абразионного берега, генетически сопряженного с динамичными аккумулятивными формами (пересыпями Будаковского и Бурнасского лиманов). В отличие от многих других «крылатых мысов» (например, п-ова Челекен на Каспийском море, Самбийского полуострова на Балтийском море, Кинбурнского полуострова на Черном море и др.), Бурнасский развивается в условиях четко выраженного вдольберегового потока наносов [1, 4]. Характерные абразионно-обвальные клифы сложены относительно однородными по составу глинистыми породами неоген-четвертичного возраста. Они относятся к 3-му классу пород по степени сопротивляемости абразии и допускают высокие скорости отступления берега при повышенном воздействии ветроволнового режима прилегающей акватории Черного моря.

Высота клифа максимальна в его северо-восточной части — до 26 м. К юго-западу она уменьшается до 8 м у м. Бурнас. Откос клифа крутой — от 75 до 90°, у его подножия многочисленны волноприбойные ниши, останцы, промоины (до 8—9 на 100 м длины). Отсутствует делювиальный шлейф. Устье единственной балки, разрезающей данный абразионный участок, висячее. Все эти признаки свидетельствуют о высоких скоростях абразии.

Подножие клифа на всем протяжении окаймлено песчаным пляжем шириной от 2 до 30 м, высотой 0,9—1,6 м над ординаром. Такие пляжи содержат от 1 до 30 м<sup>3</sup>/м наносов, что явно недостаточно, чтобы надежно защитить клиф от влияния штормовых волн: для этого необходимо, чтобы высота пляжей была не менее 2 м, а количество содержащихся в них наносов — порядка 130—150 м<sup>3</sup>/м.

Сопряженные с клифом пересыпи, как и все развивающиеся в условиях