

Герасимов И. П., Рациман Е. Я. Морфоструктуры горных стран и их сейсмичность. «Геоморфология», № 1, 1973.

Есипов Ю. М., Павленкин А. Д. Тектоническое строение северного берега оз. Иссык-Куль. «Изв. вузов. Геология и разведка», № 10, 1971.

Новый атлас сильных землетрясений на территории СССР. М., «Наука», 1977.

Юдахин Ф. М. Глубинная тектоника Чуйской и Иссык-Кульской впадин в свете комплексных геофизических исследований. Автореф. канд. дис. М., 1969.

ПНИИИС Госстроя СССР

Поступила в редакцию  
22.III.1978

---

## ON THE MORPHOSTRUCTURES CONTACTS CHARACTER AT THE ISSYK KUL REGION

G. A. SHMIDT

### Summary

Morphostructures of the Issyk Kul region are characterised with asymmetry. One of morphostructure's limbs is usually broken by neotectonic fault. Three types of morphostructures contacts are identified at the Issyk Kul region, i. e. stepped, adyr-stepped and contrasting ones. Zones of morphostructures can either gradually change one into another or have fault boundaries. The contact zones are 2 to 20 km width. Distribution of strong earthquakes epicenters reveals their connection with contrasting type of morphostructures contacts.

---

УДК 551.351 : 551.498

Ю. Д. ШУЙСКИЙ

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ БАЛАНСА НАНОСОВ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ УССР)

Регулярные и планомерные исследования советских берегов Черного моря на основании современных положений учения о развитии береговой зоны выполняются с 1945 г. (Зенкович, 1960). За последние 15 лет преобладали стационарные долговременные работы, позволившие сформулировать ряд положений по балансу наносов в береговой зоне, причем некоторые из них имеют общее значение. Таким образом, черноморские берега явились своеобразным полигоном для изучения баланса наносов. Баланс понимается как система показателей, которые характеризуют соотношения отдельных элементов в пространстве и времени в изменяющейся природной системе береговой зоны.

Специальный расчет баланса и его анализ содержится в работах В. П. Зенковича (1962), Г. А. Сафьянова (1969), О. К. Леонтьева и др. (1975), А. Г. Кикнадзе и В. П. Зенковича (1976). В них отмечается, что достаточно удовлетворительная оценка каждой из составляющих баланса очень сложна и в общем для берегов земного шара в ближайшее время вряд ли осуществима. Поэтому на нынешнем этапе береговых исследований наиболее эффективными и достоверными являются региональные разработки. Подобных разработок в литературе еще очень мало, и каждая из них, по мнению О. К. Леонтьева и др. (1975), представляет

значительный интерес как в региональном, так и в общетеоретическом плане.

**Уравнение баланса наносов береговой зоны.** Как показал комплексный анализ обширных материалов изучения берегов Черного моря в пределах УССР, баланс наносов в береговой зоне является основным фактором, определяющим направленность развития берегов, распределение вдоль береговой линии абразионных и аккумулятивных участков, скоростей абразии и аккумуляции, различных по составу толщ прибрежных отложений и пр. Именно решению этой ключевой задачи подчинены работы по определению скоростей абразии и аккумуляции, картированию абразионных и аккумулятивных форм, изучению динамики пляжей, клифов, бенчей, исследованию состава коренных пород и наносов, режиму вдольбереговых потоков и поперечных миграций наносов, по гидрометеорологическому режиму. Исследование баланса наносов можно считать своеобразным обобщением выполненных комплексных работ по берегам того или иного региона.

Баланс наносов можно изучать по двум основным направлениям. Первое, традиционное — исследование распределения бюджета наносов на отдельных участках береговой зоны за короткие промежутки времени. Некоторые итоги работ этого направления подведены Г. А. Сафьяновым (1969), М. Г. Юркевич (1972, 1973), О. К. Леонтьевым с соавторами (1975). Результаты работ позволили установить особенности перераспределения наносов внутри береговой зоны в зависимости от действия отдельных штормов или их совокупности в различных условиях. Конечным итогом является расчет величины расхода наносов на том или ином участке береговой зоны.

Второе направление более широкое, оно стало интенсивно развиваться сравнительно недавно, главным образом благодаря исследованиям на Азовском (Хрусталеv, Щербаков, 1974) и Балтийском (Геология Балтийского моря, 1976) морях. В последние несколько лет были выполнены работы на Кавказском побережье Черного моря (Кикнадзе, Зенкович, 1975), на северном и восточном побережьях Белого моря (Медведев, 1972, 1976), автором на берегах Черного и Чукотского морей. В отличие от первого это направление рассматривает береговую зону как открытую природную систему, как область преобразования терригенного и талассогенного материала в отложения прибрежно-морского и морского генезиса, как зону сепарации, после прохождения через которую исходный материал приобретает совершенно иные свойства и иной состав. В данном случае балансовые расчеты должны давать представление, насколько изменились свойства исходного терригенного и талассогенного обломочного материала после «фильтрации» через береговую зону, какова дальнейшая судьба преобразованного материала, на какие группы он дифференцировался и какова количественная характеристика каждой группы, т. е. оценить процесс обмена и преобразования вещества литосферы. Таким образом, первое направление изучает литодинамическую структуру береговой зоны, внутреннее преобразование в пространстве и времени только того материала, который представляет собой лишь наносы «волнового поля», а второе — любого обломочного материала неприбрежного происхождения (деллювиального, озерного, аллювиального, эолового, вулканического и др.).

В соответствии с определением термина «баланс наносов» количественный расчет отдельных статей его на данный период времени позволяет оценить взаимосвязь отдельных источников наносов и их соотношение в целом по исследованному побережью. Отклонение отдельных статей баланса от установленного соотношения на том или ином участке отражает особенности динамики береговой зоны в конкретных природных условиях. Изменение соотношения статей баланса во времени указывает на перестройку динамических процессов береговой зоны, причем степень

перестройки может быть режимной, структурной, но может быть и коренной, определяющей преобразование направленности развития. Таким образом, анализ баланса обломочного материала в условиях непостоянства процессов береговой зоны как открытой природной системы может служить важным индикатором ее внутреннего и внешнего функционирования, т. е. поведения в окружающей среде.

Анализ береговой зоны как своеобразной сферы, взаимодействующей с сушей и океаном, в которой происходит трансформация материала литосферы, дал возможность получить общее уравнение баланса:

$$A + d + Q + O_t + E_a + K_{gl} + J = O_e + O_n + E'_a + K'_{gl} + T_g + T_{пр} + K_{ист.}$$

Левая часть общего уравнения содержит обозначения приходных статей баланса:  $A$  — материал абразии активных клифов,  $d$  — материал абразии бенчей,  $Q$  — твердый сток рек,  $O_t$  — талассогенный материал (ракуша, оолиты, обломки кораллов и др.),  $E_a$  — золотый принос,  $K_{gl}$  — принос материала льдом,  $J$  — продукты вулканических извержений. Правая часть общего уравнения содержит расходные статьи баланса:  $O_e$  — пляжеобразующие наносы «волнового поля»,  $O_n$  — мелкозем, во взвеси уходящий в глубоководную часть бассейна под влиянием ветро-волновых течений,  $E'_a$  — золотый вынос за пределы береговой зоны,  $K'_{gl}$  — вынос материала льдом из береговой зоны,  $T_g$  — вынос материала разной крупности по подводным каньонам в глубоководные части водных бассейнов,  $T_{пр}$  — то же, под влиянием приливных волн и течений,  $K_{ист}$  — потери прибрежных наносов на истирание.

Количественная оценка всех статей баланса в планетарном масштабе для береговой зоны — одна из важнейших задач науки о берегах. Ее решение в принципе возможно, но для этого требуется настолько большой объем исследований, что в ближайшем будущем такая оценка вряд ли возможна. Однако ряд сокращенных уравнений количественно можно выразить уже сейчас, как, например, для украинского побережья Черного моря:

$$A + d + Q + O_t + E_a = O_e + O_n + E'_a + K_{ист.} \quad (1)$$

**Изучение абразии берегов.** На побережье УССР разрушению подвергаются клифы, сложенные как глинистыми, так и скальными породами III—IV классов по степени сопротивляемости абразии (Леонтьев, 1961; Шуйский, Симеонова, 1976). Соответственно скорости отступления клифов колеблются от нескольких *мм/год* до 16—20 *м/год*, но примерно в 50% случаев — от 0,3 до 4,5 *м/год* (Шуйский, 1974).

Натурные наблюдения за скоростями отступления клифов производились на стационарных участках, которых в пределах УССР насчитывается около 100. Измерялись расстояния от строений на берегу до береговой линии, выполнялся анализ крупномасштабных карт и аэрофотоснимков за разные годы (до 40 лет).

Для определения величины сноса обломочного материала из клифов  $A$  необходимо знать их длину  $D$  и их среднюю высоту  $H$ , они определены в процессе картирования берегов. Отсюда

$$A = W_a H D. \quad (2)$$

Помимо  $A$  и  $W_a$  для характеристики абразии нами используется  $A_u$  — количество поступающего из клифов обломочного материала в расчете на  $D'$  — на 1 пог. *м* длины берега (удельная продуктивность клифов). Как выяснилось в результате исследований,  $A_u$  колеблется в очень широких пределах — от 0,25 до 102 *м<sup>3</sup>/м · год*, а в среднем между дельтой Дуная и Керченским проливом равна 16,9 *м<sup>3</sup>/м · год*. Расчет ведется по такому выражению:

$$A_u = W_a D' H. \quad (3)$$

Скорости абразии  $W_a$  во многом зависят от состава горных пород, слагающих клифы. Доказано, что удовлетворительным показателем прочности горных пород, их сопротивляемости абразии, является  $R$ —временное сопротивление сжатию,  $кг/см^2$ . Подробно исследована зависимость, показавшая, что  $R$  отражает влияние на скорости абразии клифов таких факторов, как водонасыщенность, содержание отдельных включений в породе, трещиноватость, выветрелость. Зависимость эта обратная, параболическая, охватывает ряд разновидностей горных пород от несвязных песчаных и лёссовых до прочных, практически не абрадируемых, изверженных кристаллических.

Помимо прочности горных пород на скорости абразии влияют волновой режим, частота колебаний уровня моря, уклоны подводного склона, запасы наносов в береговой зоне, высота клифов. Перечисленные зависимости исследованы на черноморских берегах УССР.

**Абразия подводного склона.** Данные об абразии подводного склона получены различными способами: сопоставлением крупномасштабных карт, повторными промерами на одном и том же профиле, наблюдениями за подводными реперами (Шуйский, 1976а). Эти работы показали, что абразия наиболее активна в интервале глубин 0—6 м и проявляется практически не глубже 11—13 м.

Согласно выполненным исследованиям, среднемноголетний слой донной абразии  $I_h$  по отдельным участкам колеблется от 0,005 до 0,27 м/год. Наибольшие величины донной абразии прослежены на глинистых бенчах (см, а иногда десятки см/год). В пределах мм/год абрадируются известняковые и песчаниковые бенчи (Шуйский, 1975; 1976а). Величины того же порядка получены другими авторами по Черному (Есин, Савин, 1970; Хрусталеv, Щербаков, 1974; Симеонова, Есин, 1972), Азовскому (Есин, Савин, 1974; Хрусталеv, Щербаков, 1974), Балтийскому (Орвику, 1974) морям. С повышением скоростей абразии на единице площади бенчей увеличивается удельное поступление обломочного материала  $d_p$  ( $м^3/м^2 \cdot год$ ).

Для расчета удельного сноса обломочного материала с бенчей  $d_p$ , удельной продуктивности бенчей  $d_u$  и суммарного количества обломочного материала с бенчей  $d$  определялась площадь подводного склона  $DP_e$ , охваченная наблюдениями, слой абразии по отдельным профилям и вычислялся общий объем материала с площади дна на стационарном участке  $d'$ . Затем определялась средняя по береговому абразийному району величина донной абразии по ширине подводного склона  $P_e$ . В результате

$$d_u = 1,0 I_h P_e [м^3/м \cdot год]; \quad d_p = \frac{DP_e}{d'} [м^3/м^2 \cdot год]; \quad d = d_u D = I_h DP_e [м^3/год]. \quad (4)$$

Подсчеты показали, что в береговой зоне Черного моря в пределах УССР удельная продуктивность бенчей  $d_u$  колеблется от 2,5 до 92,7  $м^3/м \cdot год$ , составляя в среднем 37,7  $м^3/м \cdot год$ . Чем больше слой абразии  $I_h$ , ширина бенчей  $P_e$  и их длина вдоль берега  $D$ , тем выше значения суммарного сноса обломочного материала. В целом с подводного склона поступает 19 млн. т/год материала.

Преобладание  $d$  над  $A$  — характерная особенность абразийных участков береговой зоны морей и океанов, и об этом свидетельствуют расчеты не только по Черному, но и по Азовскому (Хрусталеv, Щербаков, 1974), Аральскому (Резников, 1976), Балтийскому (Блажчишин, Шуйский, 1973) морям. В большинстве случаев отношение  $A : d$  колеблется от 1 : 1 до 1 : 3.

Наблюдения за скоростью углубления бенчей (слой донной абразии) дают возможность оценить удельное поступление обломочного материала  $d_p$  ( $м^3/м^2 \cdot год$ ). В частности, на подводном склоне северо-западной береговой области Черного моря величина  $d_p$  колеблется от 0,001 до 0,400  $м^3/м^2 \cdot год$ , составляя в среднем 0,261  $м^3/м^2 \cdot год$ .

Не всегда при высоких  $d_p$  наблюдаются большие значения удельной продуктивности  $d_u$  ( $m^3/m \cdot год$ ). Например, на крутых глинистых подводных склонах ( $i_s=0,025$ )  $d_u$  обычно больше средней по району величины, а  $d_p$  — ниже средней величины. На более пологих подводных склонах ( $i_s=0,010$ ) с увеличением ширины склона  $P_e d_u$  становится выше средней, а  $d_p$  ниже. Отсюда можно сделать вывод, что превышение удельного поступления обломочного материала  $d_p$  относительно средних величин свидетельствует об интенсивном абразионном врезе, в основном за счет увеличения крутизны подводного склона и выработки вогнутого поперечного профиля. При значениях  $d_p$ , ниже средних, слой донной абразии  $I_h$  относительно равномерно распределяется по поперечному профилю. Однако не только величины  $d_p$  могут быть индикатором направленности поперечного профиля, но и сама форма профиля может указывать на значения  $d_p$ . Это очень важно для расчетов  $d$  согласно выражению (4).

Подсчеты показали, что общее количество обломочного материала, поступающего от разрушения клифов между дельтой Дуная и Керченским проливом, составляет 6820 тыс.  $m^3/год$  (13,6 млн.  $t/год$ ), а от абразии бенчей — 9980 тыс.  $m^3/год$  (19,0 млн.  $t/год$ ). Это свидетельствует о том, что  $A < d$ ,  $A : d = 41\% : 59\%$  и  $A + d = 16\,800$  тыс.  $m^3/год$ .

Распределение  $I_h$ ,  $d_u$  и  $d_p$  во времени и их зависимость от гидродинамического режима и запасов наносов подобны тому, как это имеет место для  $A$  и  $A_u$ .

**Динамика дельтовых берегов.** На устьевые области рек приходится примерно 6,2% длины береговой линии Черного моря в пределах УССР.

Для нарастания морского края дельты Дуная и формирования рельефа ее взморья, как и других дельт с приглубым подводным склоном, характерно активное влияние волновых процессов. Однако поступление речных наносов настолько велико, что волны не в состоянии их переработать и основная часть наносов аккумулируется в дельте. Но даже прорывающийся на взморье материал в подавляющем большинстве представляет взвешенные наносы  $O_n$  крупностью  $< 0,1$  мм, которые уносятся от дельты на юг в глубоководную часть моря (Бертман, Шуйский, 1968). По подсчетам, на влекомые (пляжеобразующие) наносы приходится только 700 тыс.  $m^3/год$ , а на  $O_n$  — около 7100 тыс.  $m^3/год$  из 67 млн.  $t/год$  в среднем за многолетний период (Алмазов и др., 1963). По балансовым подсчетам и многолетним повторным промерам на взморье Дунайской дельты мощность Дунайского потока наносов в Сулинском створе равна 800 тыс.  $m^3/год$ .

Поступление влекомых наносов  $O_e$  из других рек в береговую зону значительно меньше. Крупные реки — Ю. Буг, Днепр, Днестр — до моря доносят в среднем по 10 тыс.  $m^3/год$  каждая, а реки Южного побережья Крыма — в среднем по 1,5 тыс.  $m^3/год$ . Таким образом, речные выносы, кроме дунайских, в питании береговой зоны материалом играют несущественную роль. Что касается взвешенных частиц, то из других рек в открытое море их поступает несколько более 400 тыс.  $m^3/год$ . По черноморскому побережью УССР в сумме величина  $Q$  достигает 7500 тыс.  $m^3/год$ .

**Эоловые процессы.** Действие эолового фактора на черноморские берега известно с прошлого века (Соколов, 1884). Однако количественные характеристики эоловых процессов получены сравнительно недавно (Айбулатов, 1966; Шуйский, 1976).

Натурные наблюдения показали, что наиболее мощными и насыщенными являются отдельные подвижки ветропесчаного потока в направлении вдоль пересыпей и кос. Они могут в 2—8 раз превосходить мощность эоловых подвижек при ветрах той же скорости и продолжительности, но дующих перпендикулярно продольной оси кос и пересыпей. В целом наибольшее количество эоловых наносов в течение года перемещается С, СВ и В ветрами, господствующими над украинским побережьем Черного

моря. Это в основном береговые ветры, сдувающие песок в море. В среднем за многолетний период сумма ветропесчаных подвижек с суши на море  $E_a$  больше суммы подвижек на сушу на 10—15%, или на 5—6 т/м<sup>2</sup>·год. По-видимому, разницей между  $E_a$  и  $E'_a$  объясняется небольшая высота песчаных пересыпей и кос черноморского побережья УССР и отсутствие на них заметных очагов эоловой аккумуляции.

Однако это не значит, что наносы с пересыпей сносятся только в море. Во время штормов при переплескивании волн через пляжи наносы вновь оказываются на поверхности аккумулятивных форм, а большая их часть попадает в лиманы и лагуны. Если длина этих аккумулятивных форм в пределах изученного региона составляет более 450 км, то ежегодно на пересыпи и в находящиеся за ними лиманы поступает примерно 1700 тыс. м<sup>3</sup>/год песка, а обратно в море ветром возвращается 700 тыс. м<sup>3</sup>/год. Можно считать, что эоловые процессы обуславливают развитие интенсивного обмена наносами и в ходе этого обмена в системе «берег — подводный склон» происходит дифференциация наносов.

Всего в береговую зону черноморского побережья УССР поступает около 2,4 млн. м<sup>3</sup>/год песка и почти 50% его вовлекается в эоловый обмен в системе «берег — подводный склон», остальное уходит на формирование лиманных отложений. Данные о структуре ветропесчаного потока и его роли в динамике аккумулятивных берегов и дифференциации наносов были изложены ранее (Шуйский, 1976).

Биогенную составляющую баланса наносов береговой зоны  $O_i$  оказалось возможным определить лишь после составления карты распространения биоценозов наносообразующих моллюсков и продуктивности их скелетной части (Биология..., 1967). Для количественной оценки  $O_i$  надо было определить площадь биоценозов с *Cardium*, *Mutilus*, *Mia*, *Venus* в пределах глубин от 0 до 15—20 м. Согласно фондовым материалам Института биологии южных морей АН УССР, она оказалась равной около 28 млн. м<sup>2</sup>. Продуктивность скелетной части моллюсков колеблется от нескольких г/м<sup>2</sup> до 1500—1900 г/м<sup>2</sup>, согласно данным В. П. Закутского (Биология..., 1967). Среднее значение принято равным 300—400 г/м<sup>2</sup>.

Общее количество поступления ракушки в среднем за многолетний период равно 8600 тыс. т/год, или почти 4700 тыс. м<sup>3</sup>/год. В условных удельных единицах в расчете на всю длину береговой линии Черного моря в УССР общее количество ракушки составляет около 4 м<sup>3</sup>/м·год (почти в 16 раз меньше удельного сноса с беней и клифов и в 10 раз меньше удельного выноса речного материала). При этом в оценке  $O_i$  для береговой зоны надо вводить поправки на истираемость  $K_{ист}$  (до 30—50% в год), на удаление по крутым участкам подводного склона за пределы береговой зоны, на захоронение в морских и прибрежных осадках мелководных районов северо-западного и керченского регионов. Методика подобных расчетов приведена в работах А. А. Аксенова (1965) и В. П. Зенковича (1962).

В волновую переработку вовлекается примерно 70% всей ракушки, т. е. около 3300 тыс. м<sup>3</sup>/год. До 30% этой массы выносятся во взвеси в открытое море (около 1000 тыс. м<sup>3</sup>/год) как мелкозем, образующийся под влиянием процессов истираемости.

**Процессы дифференциации обломочного материала** в береговой зоне тесно связаны с балансом наносов. Они начинаются с деления на крупнозернистую  $O_e$  (крупность  $>0,1—0,05$  мм) и мелкозернистую  $O_n$  ( $<0,1—0,05$  мм) части, если источниками обломочного материала являются рыхлые отложения, и с дезинтеграции на отдельные или грубые обломки, если источниками материала являются скальные породы. О собственно дифференциации можно говорить относительно исходных рыхлых пород; скальные кристаллические и кристаллизованные породы попросту преобразуются во множество частиц, образующих осадочные толщи.

О степени первичной (общей) дифференциации терригенного материала можно судить по соответствующим коэффициентам (Шуйский, Ротар, 1975), характеризующим изменения медианного диаметра, коэффициента сортировки, соотношений классов крупности, содержания легкой и тяжелой фракций и отдельных минералов в условиях прибрежно-морской переработки. Для количественных определений  $O_a$  и  $O_n$  был выполнен механический и минералогический анализ питающих материнских глинистых и песчаных пород из клифа и бенча (а также речных выносов) и проведены наблюдения за истираемостью скальных пород и ракуши.

Глинистые и песчаные породы содержат от 2 до 83% крупнозернистых фракций, т. е. от общей суммы обломочного материала, поступающего в результате береговой и донной абразии, от 2 до 83% задерживается в береговой зоне и составляет  $O_a$  — пляжеобразующие наносы «волнового поля». Каждый из 39 исследованных абразионных участков разной длины может дать от 101 до 190 000  $m^3/год$  крупнозернистых фракций (наносов «волнового поля»), а в сумме между дельтой Дуная и Керченским проливом из клифов их поступает 875 тыс.  $m^3/год$ . Соответственно отдельные участки бенча дают от 300 до 500 тыс.  $m^3/год$  обломочного материала, а в сумме 1 520 000  $m^3/год$ . Всего из клифов и бенчей в береговую зонуносится 2 395 000  $m^3/год$  пляжеобразующих фракций, составляющих среднесноголетний ежегодный бюджет наносов береговой зоны Черного моря в пределах УССР.

Остальные, мелкозернистые, фракции исходного обломочного материала выносятся течениями во взвеси за пределы береговой зоны; в интервале глубин 0—11 м в общем их содержится не более первых нескольких процентов, хотя на отдельных участках (избыточного поступления или ослабленного гидродинамического режима) содержание мелкозернистых фракций может достигать 50—70%. Но такое явление для береговой зоны исследованного региона не характерно.

Количественная оценка мелкозернистого материала  $O_n$  и анализ предполагаемых путей их движения на большие глубины имеет важное значение для понимания процессов седиментации на шельфе, в том числе и скоростей осадконакопления. Для одного из участков дна шельфа в районе устья Днепра удалось надежно установить, что за голоцен отложился слой осадка в среднем 0,7 мм/год, в то время как относительное поднятие уровня моря составляло около 4 мм/год. Соотношением между этими величинами объясняется затопление субаэрального рельефа на шельфе в течение голоцена (Шуйский, Ротар, 1975).

Процессы общей дифференциации терригенного и талассогенного обломочного материала и количественные оценки  $O_a$  и  $O_n$  дают возможность понять, почему береговая зона Черного моря в пределах УССР испытывает дефицит наносов, характеризуется в целом малой мощностью вдольбереговых потоков наносов, четкой локализацией и малыми размерами очагов прибрежной аккумуляции, а также объяснить многие другие вопросы, на которые ранее не было надежного ответа.

Расчет баланса наносов и его использование при характеристике процесса дифференциации исходного обломочного материала позволили оценить перспективность северо-западного региона Черного моря на россыпи. Так, сопоставление содержания тяжелой и легкой фракций, и содержания отдельных минералов в питающих породах, с одной стороны, и в наносах береговой зоны — с другой, дает представление о степени минералогической дифференциации питающих пород в прибрежно-морских фациальных условиях. Такое сопоставление показало, что валовое содержание тяжелой фракции в наносах больше в 18—21 раз, чем в питающих глинистых породах, но этого явно недостаточно, поскольку при отмучивании коренных пород волнами россыпные очаги могут формироваться лишь тогда, когда указанное соотношение составляет 35—40 раз (Шуйский, 1973). Количественное содержание тяжелой фракции и расчет

объемов ее выноса из клифов и бенчей показали, что в береговую зону исследованного региона поступает всего около 50 тыс.  $m^3/год$ , т. е. условно 0,05  $m^3/м.год$ . Этого явно недостаточно для формирования россыпей. Поэтому в северо-западной части Черного моря не обнаружено сколько-нибудь заметных россыпных очагов.

Крупнозернистые фракции (пляжеобразующий материал) из разных источников питания остаются в береговой зоне, где испытывают прибрежно-морскую дифференциацию, подвергаются дроблению, истиранию, окатыванию, растворению, распределению вдоль берега и по глубинам соответственно контуру береговой линии, уклонам подводного склона, степени гидродинамического воздействия. Значительная их часть сноится в очаги аккумуляции и составляет основу отложений прибрежно-морского генезиса.

Таким образом, помимо распределения по гидравлической крупности исходный обломочный материал подвергается еще одному виду дифференциации — истиранию. На черноморском побережье УССР истиранию подвергаются в основном обломки карбонатных пород (известняки, доломиты, мергели, песчаники, мрамор) и ракуша. Согласно натурным экспериментам, величина истираемости  $K_{ист}$  для этих пород колеблется от 1 до 43% (среднее 13%) в зависимости от веса обломков и твердости. При истирании образуется тонкая взвесь, соответствующая по крупности наносам «неволнового поля». Она выносится течениями за пределы береговой зоны. Общие потери на истирание терригенного материала составляют 200 тыс.  $m^3/год$ . Величина истирания ракуши не более 30—50% в год, потери соответственно около 1000 тыс.  $m^3/год$ .

Задерживающиеся в береговой зоне Черного моря наносы волнового поля  $O_e$  поступают из клифов в количестве 2400 тыс.  $m^3/год$ , выносятся ветром — 700 тыс.  $m^3/год$ , вымываются с бенчей, поступают из рек — всего в сумме 6700 тыс.  $m^3/год$ . Одновременно в процессе дифференциации по гидравлической крупности в открытое море за пределы береговой зоны из разных источников поступает 21 950 тыс.  $m^3/год$  мелкозернистого материала «неволнового поля»  $O_n$ .

**Заключение.** Даже сравнительно небольшой перечень количественно рассчитанных отдельных статей баланса обломочного материала в береговой зоне (на примере участка Черного моря между дельтой Дуная и Керченским проливом) дает возможность получить ряд новых результатов.

Можно полагать, что полученное числовое соотношение статей баланса наносов для береговой зоны Черного моря в пределах УССР  $A (6820) + d (9980) + Q (8200) + Q_t (4700) + E_a (700) = O_e (6700) + O_n (21\ 950) + E'_a (550) + K_{ист} (1200)$  довольно устойчиво и меняется коренным образом в течение продолжительных промежутков времени, достаточных для перестройки общих условий питания береговой зоны обломочным материалом.

## ЛИТЕРАТУРА

- Айбулатов Н. А. Исследование вдольберегового перемещения песчаных наносов в море. М., «Наука», 1966.
- Аксенов А. А. О биогенной аккумуляции в береговой зоне моря. В сб. «Экспериментальные и теоретические исследования в береговой зоне моря». М., «Наука», 1965.
- Алмазов А. М. и др. Гидрология устьевой области Дуная. Л., Гидрометеоздат, 1963.
- Бертман Д. Я., Шуйский Ю. Д. Динамика берегов Черного моря между Одесским заливом и дельтой Дуная. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 3, 1968.
- Биология северо-западной части Черного моря. «Сб. работ ИНБИОМ АН УССР», Киев, «Наукова думка», 1967.
- Блажчишин А. И., Шуйский Ю. Д. Питание Балтийского моря терригенным материалом. «Литол. и полезн. ископаемые», № 2, 1973.
- Геология Балтийского моря. Под ред. В. К. Гуделиса и Е. М. Емельянова. Вильнюс, «Мокслас», 1976.
- Есин Н. В., Савин М. Т. Абразия флишевого берега Черноморского побережья. «Океанология», т. X, вып. 1, 1970.

- Есин Н. В., Савин М. Т. О скорости разрушения некоторых участков берега Азовского моря. В сб. «Вопросы изучения и освоения Азовского моря и его побережий». Краснодар, 1974.
- Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря, т. II. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Кикнадзе А. Г., Зенкович В. П. Бюджет наносов Бзыбской динамической системы береговой зоны Черного моря. В сб. «Проблемы изучения берегов Грузии». Тбилиси, «Мецниереба», 1976.
- Леонтьев О. К. Основы геоморфологии морских берегов. Изд-во МГУ, 1961.
- Леонтьев О. К., Никифоров Л. Г., Сафьянов Г. А. Геоморфология морских берегов. Изд-во МГУ, 1975.
- Медведев В. С. Схема литодинамики и баланс наносов северной части Белого моря. В сб. «Процессы развития и методы исследования прибрежной зоны моря». М., «Наука», 1972.
- Медведев В. С. О темпе абразии берегов Белого моря в голоцене. В сб. «Литология, литодинамика и геоморфология шельфа». М., «Наука», 1976.
- Ораику К. К. Морские берега Эстонии. Таллин, Изд-во АН ЭстССР, 1974.
- Резников С. А. Донные голоценовые осадки Аральского моря и их формирование. Автореф. канд. дис. Одесса, 1976.
- Сафьянов Г. А. Расчет баланса наносов в береговой зоне. «Вестн. МГУ. География», № 4, 1969.
- Сафьянов Г. А. Подводные каньоны — их динамика и взаимодействие с береговой зоной. Автореф. докт. дис. М., 1975.
- Симеонова Г. А., Есин Н. В. Изучение абразии скальных пород. В сб. «Процессы развития и методы исследования прибрежной зоны моря». М., «Наука», 1972.
- Соколов Н. А. Дюны, их образование, развитие и внутреннее строение. СПб., 1884.
- Хрусталеv Ю. П., Щербаков Ф. А. Позднечетвертичные отложения Азовского моря и условия их накопления. Ростов-на-Дону, Изд-во РГУ, 1974.
- Шуйский Ю. Д. Некоторые черты дифференциации обломочного материала в береговой зоне Балтийского моря в связи с формированием прибрежно-морских россыпей. «Океанология», т. XIII, вып. 4, 1973.
- Шуйский Ю. Д. Процессы и скорости абразии украинских берегов Черного и Азовского морей. «Изв. АН СССР. Сер. геогр.», № 6, 1974.
- Шуйский Ю. Д. Современные процессы подводной абразии в верхней части северо-западного шельфа Черного моря. В сб. «География и геоморфология шельфа». Владивосток, 1975.
- Шуйский Ю. Д. Современные золотые процессы на песчаных пересыпях лиманов Черного моря. «Докл. АН СССР», т. 226, № 1, 1976.
- Шуйский Ю. Д. Современные процессы абразии подводного склона Черного моря. «Докл. АН УССР. Сер. Б», № 12, 1976а.
- Шуйский Ю. Д., Ротар М. Ф. Абразия та її роль у осадкоутворенні на північно-західних берегах Чорного моря. В зб. «Геологія узбережжя і дна Чорного та Азовського морів у межах УРСР», вып. 8. Київ, 1975.
- Шуйский Ю. Д., Симеонова Г. А. О влиянии геологического строения морских берегов на процессы абразии. «Докл. Болгарской АН», т. 29, № 2, 1976.
- Юркевич М. Г. Анализ изменений рельефа прибрежной зоны при различных волновых режимах. В сб. «Процессы развития и методы исследования прибрежной зоны моря». М., «Наука», 1972.
- Юркевич М. Г. Кратковременные деформации рельефа подводного склона отмелого песчаного побережья бесприливных морей. Автореф. канд. дис. М., 1973.

Одесский государственный университет

Поступила в редакцию  
14.IV.1977

## SOME PROBLEMS OF COAST ZONE SEDIMENT BUDGET STUDIES (WITH REFERENCE TO THE BLACK SEA COAST OF THE UKRAINIAN SSR)

Y u. D. SHUI SKY

### Summary

Stationary coast studies allow to calculate sediments budget at the Ukrainian coast of the Black Sea. Debris supply has been studied from cliffs and benches marine erosion, mineral part of shells, river solid discharge and eolian processes, mean total supply value being 30 400 000 cu·m per year. The debris volume is partly carried out of the coastal zone (21 950 000 cu·m per year), partly fixed in built-up coastal forms and limans (6 700 000 cu·m per year), or carried out by wind (550 000 cu·m per year); loss through abrasion is 1 200 000 cu·m per year.