

Ю. Д. ШУЙСКИЙ

## РОССЫПИ СЛОЯ ВОЛНОВОЙ ПЕРЕРАБОТКИ И ИХ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

(Представлено академиком А. Л. Яншиным 16 II 1970)

Кластический материал, поступающий с суши в водоем, подвергается механической дифференциации в береговой зоне. Главным «инструментом» этой дифференциации являются вдольбереговые потоки и поперечные миграции наносов, обычно существующие неразрывно, но всегда с преобладанием какого-нибудь одного из них (<sup>1</sup>, <sup>2</sup>). В статье будут рассмотрены потоки песчаных наносов, с которыми связан процесс формирования прибрежно-морских россыпей.

В зависимости от величины угла между равнодействующей ветро-волнового режима и берегом меняются основные наносодвижущие характеристики потока: емкость, мощность, дефицит нагрузки, а также  $H_n$  — мощность слоя волновой переработки. Под последней подразумевается слой донных и пляжевых грунтов, мощность которого меняется при данном положении уровня водоема в зависимости от амплитуды колебания поверхности дна и пляжа, в результате взмучивания этих грунтов волнами и течениями или смещения подвижных макро- и мезоформ рельефа береговой зоны. Другими словами, слой волновой переработки сложен подвижными наносами, находящимися под воздействием волн и течений.

Вдоль трассы потока наносов величина  $H_n$  является минимальной на участках существенного дефицита нагрузки и высокой степени насыщения. В первом случае это явление объясняется отсутствием или недостаточной мощностью наносного покрова, а во втором — малыми значениями удельной энергии волн, которые не в состоянии переработать слой рыхлого материала на большую глубину.

В зависимости от крутизны дна и типа деформации волн (<sup>3</sup>), можно выделить пять основных видов слоя волновой переработки (рис. 1).

1-й вид слоя характерен для «песчаных берегов большого уклона» (рис. 1, 1). Максимальная  $H_n$  находится в приустьевой полосе и на пляже, что обусловлено господством первого типа деформации волн.

Наличие подводных валов в прибрежной полосе моря вызывает многократное обрушение волн над профилем дна (второй тип деформации). Приустьевая полоса испытывает действие малых волнений и существенно разрушенных над подводными валами крупных волн, поэтому на пляже  $H_n$  относительно невелика. Над подводными валами разрушаются волны умеренных и сильных штормов, обычно сопровождаемых сильными течениями, что обуславливает значительно большую величину  $H_n$ . Представленная картина характерна для «условно отменных песчаных берегов большого уклона», где формируется 2-й вид слоя волновой переработки (рис. 1, 2).

На «песчаных берегах малого уклона» развивается 3-й вид слоя (рис. 1, 3). В этом случае большинство волн над подводными валами разрушается настолько, что уже на рельеф приустьевой зоны и пляж сколько-нибудь существенного влияния не оказывают.

Часто подвижный слой наносов граничит с бенчем. Внешняя часть наносного покрова может интенсивно перерабатываться во время сильных

штормов, в результате чего здесь возрастает  $H_b$ . Если подобное явление имеет место на «условно отмельных песчаных берегах большого уклона», то выделяется 4-й вид слоя волновой переработки (рис. 1, 4). На «песчаных берегах малого уклона» в этом случае формируется 5-й вид слоя (рис. 1, 5).

Величина  $H_b$  определяется на основании промерных материалов. Анализ последних показывает, что  $H_b$  данного вида слоя может меняться на протяжении года в связи с внутригодовыми колебаниями ветро-волнового режима. Долговременные изменения  $H_b$  или смена одного вида слоя другим уже зависят от характера и смены режима вдольберегового потока наносов.

На участках зарождения потока наносов, за счет резко выраженного дефицита нагрузки, материал слоя волновой переработки интенсивно обменивается. Преобладает процесс, при котором смытые наносы постоянно заменяются новыми наносами из различных источников. Степень сепарации обломочного материала невелика. Поэтому образование прибрежно-морских россыпей здесь наименее вероятно.

Для участка зарождения песчаных потоков характерен показанный на рис. 1, I вид слоя волновой переработки. Господствует режим, при котором мощности смытого во время шторма материала больше мощности осевшего после него, т. е. дно и берег размываются.

На участках полной загрузки потоков наносов отлагается весь переносимый материал. Он не успевает отсепарироваться на легкие и тяжелые при достаточно высокой скорости отложения, так как сразу выходит из-под действия волн и течений, захороняется под более поздними осадками.

На данных участках обычно преобладают 3-й и 4-й виды слоя. Господствует режим, при котором толщина взмученного волнением материала больше толщины материала, осевшего после этого же волнения. В результате часто создаются неблагоприятные для формирования россыпей условия.

Однако россыпные тела могут сформироваться в ряде случаев, связанных с частичной разгрузкой потока. Для этого режим потока должен быть таким, что в слое волновой переработки могут накапливаться наносы с высоким удельным весом (тяжелые минералы), а большинство легких минералов перемещается далее по ходу потока (\*).

Наиболее благоприятными условиями формирования россыпей прибрежно-морского генезиса, очевидно, являются такие, при которых сохраняются относительно постоянные величины  $H_b$ , т. е. когда насыщение потока приближается к нормальному. Морфологическим показателем такого состояния потока является динамически стабильный берег со следами не-

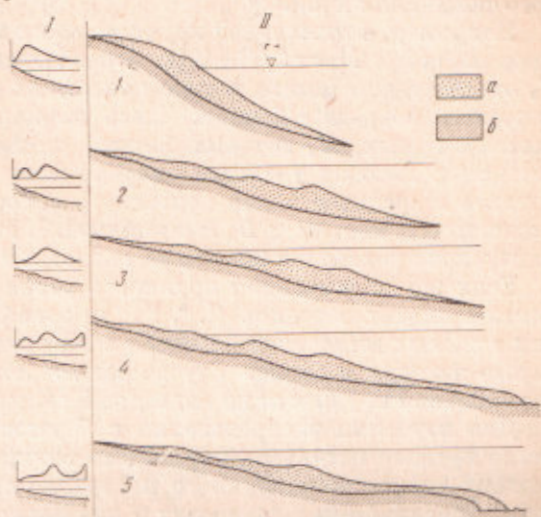


Рис. 1. Характер слоя волновой переработки (схема). I — типы кривых изменения мощности слоя по профилю; II — виды слоя волновой переработки на берегах с разными уклонами подводного склона; 1 — 1-й вид, на «песчаных берегах большого уклона»; 2 — 2-й вид, на «условно отмельных берегах малого уклона»; 3 — 3-й вид, на «песчаных берегах малого уклона»; 4 — 4-й вид; 5 — 5-й вид. Наименование песчаных берегов — по (2). а — подвижные наносы, б — неподвижные осадки

значительного размыва или аккумуляции. В данных условиях господствует режим перемыва наносов и их сепарация на легкие и тяжелые. Удаляющийся в потоке материал постоянно пополняется новым.

Зерна тяжелых минералов обычно тяготеют к определенной крупности наносов, названной оптимальной <sup>(7)</sup>. В зависимости от вида слоя волновой переработки наносы распределяются неравномерно по профилю береговой зоны. Там, где  $H_n$  больше, преобладает крупный материал. При малой  $H_n$  господствуют более мелкие наносы. Соответственно концентраты тяжелых минералов оказываются приуроченными к различным зонам подводного склона или к пляжу.

Например, оптимальной крупностью на востоке Балтийского моря обладают наносы с  $M_d = 0,08-0,18$ . Преобладают 2-й, 4-й и 5-й виды слоя.  $H_n$  относительно велика в зоне подводных валов, на пляже и на границе наносного покрова с бенчем. Здесь концентрируются наиболее крупные частицы грунта,  $M_d$  которых больше оптимальной, потому что сильные течения и высокая удельная энергия волн способствуют выносу мелких наносов в среднюю часть подводного склона, где гидродинамическая активность вод меньше и  $H_n$  минимальна. В этой связи накопление тяжелых минералов происходит именно на подводном склоне.

Если же оптимальная крупность равна 0,3—0,5 мм, как на песчаных пляжах многих водоемов <sup>(7, 9, 11)</sup>, то зоной наиболее вероятного накопления тяжелых минералов является зона с высоким значением  $H_n$ . Причина такого явления в данном случае заключается в выносе материала мельче оптимальной крупности на подводный склон.

Для изучения распределения в береговой зоне наносов, преимущественно крупнее песчаных, применима теория нейтральной линии <sup>(1, 8)</sup>, поскольку размещение крупного материала связано с явлением асимметрии волн, с различиями в скоростях и длительностях прямого и обратного движений воды. Распределение песчаного и алевроитового материала, к которому приурочены тяжелые минералы, подчинено особенностям слоя волновой переработки, как показано выше.

Наносы, находящиеся в слое волновой переработки и связанные с развитием потока, на конкретном участке имеют один и тот же состав, независимо от естественных или искусственных нарушений профиля равновесия. Так, одна из россыпей Балтийского моря вот уже на протяжении 10 лет наблюдений сохраняет неизменными контуры и залегает на участке с определенными характеристиками потока наносов. И это несмотря на то, что за данный период наблюдались исключительно сильные штормы, с которыми связываются наиболее существенные морфологические и литологические изменения в береговой зоне <sup>(1-3)</sup>. Дело в том, что штормовые изменения кратковременны, они сглаживаются во время умеренных волнений, определяющих режим потока наносов.

Искусственные нарушения профиля равновесия вызываются гидротехническим строительством и работами по добыче россыпей. В обоих случаях, по истечении более или менее длительного времени, профиль подводного склона и состав наносов на нем восстанавливаются. Например, восстановление профиля после его нарушения строительством молов порта Цеара в Бразилии выразилось в его полной заносимости в течение нескольких лет <sup>(2)</sup>. После разработки россыпных месторождений на пляже <sup>(10)</sup> и на подводном склоне <sup>(6)</sup> за короткое время (годы, месяцы) произошло восстановление россыпей слоя волновой переработки, именно благодаря обмену материала в потоке наносов.

Время, в течение которого россыпи после разработки формируются заново, настолько коротко, что тектонические или эвстатические факторы на процессе россыпеобразования практически не сказываются. На все изменения россыпей слоя волновой переработки указанные факторы влияют настолько, насколько это влияние сказывается на режиме вдольбереговых потоков или поперечных миграций наносов.

Россыпи слоя волновой переработки являются первой стадией развития всех без исключения россыпей прибрежно-морского генезиса, независимо от возраста и места их теперешнего залегания. Слой волновой переработки является средой их формирования. Их главнейшие отличия от россыпей других генетических типов состоят в подвижности, способности восстанавливаться и независимости процесса формирования от непосредственного влияния тектонических и эвстатических факторов.

Переход россыпей слоя к погребенным россыпям <sup>(5)</sup> определяется путями захоронения россыпей слоя волновой переработки. Так, при данном уровне водоема изменение режима потока, при котором 1-й вид слоя сменяется 2-м и в дальнейшем 3-м, приводит к захоронению пляжевых россыпей. Россыпи в зоне подводных валов могут захороняться при смене 2-го вида 3-м. Донные россыпи слоя волновой переработки становятся погребенными в условиях аккумуляции наносов из потока. Переход от 3-го вида слоя ко 2-му и далее к 1-му в общем случае приводит к размыву россыпных тел.

Институт океанологии им. П. П. Ширшова  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
10 II 1970

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. П. Зенкович, Динамика и морфология морских берегов, М.—Л., 1946.  
<sup>2</sup> В. П. Зенкович, Основы учения о развитии морских берегов, М., 1962. <sup>3</sup> В. В. Лонгинов, Динамика береговой зоны бесприливных морей, М., 1963. <sup>4</sup> Ю. Д. Шуйский, Тез. докл. конфер. молодых ученых инст. геол. руд. месторожд., петрогр., минерал. и геохим. АН СССР, посв. 100-летию со дня рожд. В. И. Ленина, М., 1969, стр. 63. <sup>5</sup> Ю. Д. Шуйский, Там же, стр. 65. <sup>6</sup> Ю. Д. Шуйский, ДАН, 189, № 5 (1969). <sup>7</sup> Ф. А. Шербаков, Ю. А. Павлидис, Океанология, 2, в. 4 (1962). <sup>8</sup> P. Cornaglia, Sur regime della spiagge e sulla regolazione dei porti, Torino, 1891. <sup>9</sup> D. E. Gardner, Beach-sand Heavy-Mineral Deposits of Eastern Australia, Canberra, 1955. <sup>10</sup> K. C. Kanapathipillai, Min. Mag., 110, № 4 (1964). <sup>11</sup> C. B. Rao, J. Sediment. Petrol., 27, № 2 (1957).