

УДК'551.31:551.498

Ю.Д.Шуйский, К.И.Плотникова, Г.В.Выхованец  
Одесский госуниверситет

ДИНАМИКА БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ В РАЙОНАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

В береговой зоне морей и океанов обычно эксплуатируются месторождения строительных материалов (песок, гравий, галька и их смеси) и россыпные залежи (пески, обогащенные полезными тяжелыми минералами). По генезису они обычно являются прибрежно-морскими, поэтому формирование их толщ прямо зависит от режима вдольбереговых потоков наносов. Такая зависимость не только прослеживается в настоящее время, но имела место и ранее, "в прошлые геологические эпохи на разных стадиях эволюции водных бассейнов. Поэтому выяснение современных закономерностей седиментации в береговой зоне имеет и палеогеографическое значение.

Изучение динамики береговой зоны в местах расположения карьеров по добыче строительных песков и разработке россыпей важно с точки зрения их влияния на режим вдольбереговых потоков наносов. Поскольку эксплуатация карьеров всегда связана с изъятием того или иного количества песка, гравия или гальки, то процесс эксплуатации обычно ведет к обострению дефицита наносов. Следовательно, Организация карьеров на подводном склоне или на пляжах в береговой зоне должна предусматривать возможность усиления абразии, а также приостановления аккумуляции, смены аккумулятивного режима режимом, размыва прибрежных аккумулятивных форм рельефа или активизации их размыва - в зависимости от участка береговой зоны. При этом вместе с берегами будут разрушаться дороги, жилые и промышленные здания, портовые сооружения, линии связи, возможны существенные\* потери земельного фонда и др.

В связи с возможным негативным влиянием подводных карьеров целесообразно выделять два варианта исследований. Первый вариант рассматривает подводные карьеры на дне моря вне зоны влияния современных вдольбереговых потоков наносов, в основном в условиях ослабленного режима трансформации волн на прибрежном мелководье. Это участки, на которых залежи прибрежных наносов, в том числе и, обогащенные полезными минералами, формировались при более низком положении уровня моря, например, в раннем голоцене. Чаще всего, они расположены:

1. Вне береговой зоны, на участках дна шельфа, которые литодинамически не связаны с берегом. Например, на Черном море – это Бакальская, Ярыгачская, днестровская, Евпаторийская и им подобные банки, на Балтийском море – Слупская и Одерская банки, на Азовском – Песчаная банка.

2. В мелководных бухтах и заливах., блокированных мысами, полуостровами, косами от волн открытого моря. Здесь волновой режим настолько ослаблен, что существенных подвижек наносов не наблюдается, а потому литодинамическая связь подводных карьеров с берегом не отмечается, как, например, в вершине Джарылгачского залива Черного моря.

Конечно, – в обоих случаях требуются непрерывные наблюдения за состоянием карьеров и состоянием береговой зоны в районах расположения карьеров, поскольку процессы взаимовлияния берегов и донных выработок изучены пока недостаточно полно и требуется постоянное знание природной обстановки. Это позволит вовремя обнаружить возможное негативное воздействие на берега и накопить данные полевых исследований малоизученного явления для дальнейшей разработки теоретических закономерностей.

Таким образом, первый вариант исследований касается благоприятных условий для организации подводных карьеров на открытых выровненных побережьях. Согласно предварительным данным пока еще малопродолжительных исследований в Джарылгачском и Тендровском заливах, на Терновском подводном "выступе" (напротив устья р. Барбой), в районе банки Марии Магдалины (район Анапского залива), динамика расположенных там карьеров слабоактивна. Карьеры долгое время остаются в неизменном состоянии, глубина и крутизна их бортов практически стабильны. Берега напротив этих карьеров меняются в естественных пределах, как и до добычи там строительных материалов.

В этой связи дальнейшее изложение будет касаться второго варианта исследований, который рассматривает подводные карьеры в зоне активного волнового влияния и интенсивных подвижек прибрежно-морских наносов. В этом случае добычу можно вести только при благоприятных условиях, с учетом важнейших природных закономерностей развития береговой зоны.

Одной из таких закономерностей является долговременная стабильность режима развития, что прежде всего обеспечивает постоянство запасов наносов. Экстремальное и быстрое увеличение или умень-

шение этих запасов "автоматически" регулируется энергетическими возможностями того или иного участка береговой зоны. Например, очень резкое увеличение наносов при катастрофических паводках рек или во время особенно сильных штормов, когда поступление наносов во много раз превышает среднегодовую норму поступления, активизирует процессы аккумуляции. Энергетические запасы волн и прибрежных течений не в состоянии переработать необычную массу наносов, и формирование равновесного состояния достигается с помощью аккумулятивных процессов. Излишек наносов уходит на участки разгрузки вдольбереговых потоков, где наращивает пляжи, косы, пересыпи, бары.

Если в какое-то время по тем или иным причинам резко понижается (в несколько раз в сравнении со средней многолетней нормой) снос обломочного материала, то береговая зона испытывает дефицит наносов. Их запасы сокращаются, и это прежде всего сказывается на уменьшении мощности слоя донных наносов и размеров пляжей. В результате активизируется абразия клифов и бенчей, размыв аккумулятивных форм. Одновременно растет деструктивная деятельность эоловых процессов, способствующих деградации песчаных баров и кос.

Другая закономерность – устойчивость состава наносов на том или ином участке вдольберегового потока наносов. Она связана с исторически сложившимся рельефом береговой зоны, источниками питания осадочным материалом, контурами береговой линии, уклонами подводного склона, гидрометеорологическим режимом. Изменение какого-нибудь одного или сразу нескольких из перечисленных факторов – процесс долговременный, проявляющийся в геологическом масштабе времени. Поэтому в течение десятков или даже первых сотен лет, имеющих значение для хозяйственной деятельности, в общем обеспечивается устойчивость и состава наносов, даже несмотря на исключительно сильные штормы. Так, в октябре 1976 г. и в феврале 1979 г. в северо-западной части Черного моря прошли исключительно сильные волнения, когда на глубине 5 м высота волн достигала 4 м, уровень был выше ординара на 1,8 м. Во время волнений средний диаметр наносов на участке наблюдений был в 5 раз выше обычного, а преобладающей была фракция 1,0–5,0 мм, а не 0,1–0,5 мм, как в среднем за многолетний период. Однако спустя всего 2 месяца – 0,5+1,0 мм, а через 5-мес. гранулометрический состав практически восстановился до доштормового состояния.

Такое же явление характерно и для минералогического состава наносов. В октябре 1967 г. прошел сильный шторм в восточной части Балтийского моря. Под его влиянием глубины на подводном склоне

увеличились на 1,2-1,3 м, а россыпной очаг мощностью 1,1 м оказался размытым. Содержание тяжелых минералов достигло всего 0,8\$, как и в окружающих вмещающих осадках. Спустя I мес в течение которого действовало четыре умеренных волнения, контуры и мощность россыпи почти восстановились, а валовое содержание тяжелых минералов составило уже 19\$, т.е. лишь на 13\$ меньше того, которое было до шторма. Конечно, если бы коренным образом изменились источники питания или режим вдольберегового потока наносов, то состав наносов также изменился бы в соответствии с новыми условиями.

Третья закономерность состоит в поступлении в береговую зону всегда строго определенного количества наносов, и в целях сохранения их запасов добычу надо вести в количестве, не превышающем поступлений. В противном случае обостряется дефицит наносов и увеличиваются скорости абразии берегов, начинается разрушение строений и коммуникаций на берегах, теряются сельскохозяйственные угодья. Поэтому необходимо всегда рассчитывать количество сносимого в береговую зону осадочного материала, который идет на питание вдольбереговых потоков.

Для такого расчета необходимо знать перечень основных источников осадочного материала. Перечень составляется во время экспедиционных маршрутных исследований и при работе с картами и аэрофотоснимками. Подобным путем было выяснено, что, например, береговая зона Балтийского моря в пределах СССР, Черного моря в пределах УССР, Белого и Баренцева морей полностью питается в основном за счет действия абразионных процессов.

Если исследуются участки, питающиеся материалом от абразии клифов и бенчей, то при расчете количества сноса осадочного материала нужно знать длину, среднюю высоту клифов, площади бенчей. Эти данные можно получить путем полевого геоморфологического картирования. Наибольшую трудность вызывает исследование средних многолетних скоростей отступления клифов и углубления бенчей. Для этого необходимо выполнить серию многолетних стационарных работ и повторных съемок [13]. Перемножение высота, длины и скорости абразии клифов дает величину суммарного количества осадочного материала, поступающего из клифов, а умножение площади бенчей на скорость их углубления дает величину сноса с бенчей.

Вместе с тем в береговой зоне остается не весь сносимый из клифов и бенчей осадочный материал – гранулометрический анализ наносов с пляжей и подводного склона моря показывает, что преобладают фракции крупнее 0,1-0,05 мм. Более мелкие под влиянием

прибрежно-морских течений выносятся на большие глубины за пределы береговой зоны [2]. Поэтому необходимо произвести гранулометрический анализ осадочных горных пород, слагающих клифы и бенчи, что позволит рассчитать то количество обломочного материала, которое остается в береговой зоне, составляет – наносы "волнового поля" и представлено фракциями  $>0,1-0,05$  мм.

По изложенной методике можно рассчитывать количество сносимых наносов в береговую зону из разных источников: из рек, в результате действия эоловых и ледовых процессов, благодаря биогенному, поступлению и др. Вначале определяется эффективность каждого из них, затем их продуктивность наносами "волнового поля", и далее – общее количество материала, питающего вдольбереговые потоки. С помощью такой методики [6,7] были сделаны расчеты сноса осадочного материала вообще и наносообразующих фракций береговой зоны в частности для различных водных бассейнов: Черного, Азовского, Балтийского, Баренцева, Чукотского морей. Это позволило выяснить мощности вдольбереговых потоков наносов.

В качестве одного из примеров можно показать ход расчета мощности Вельбвкско-Евпаторийского потока, расположенного между мысами Константиновский и Евпаторийский у западных берегов Крымского полуострова. Здесь с тести абразионных участков общей длиной 47,3 км из клифов выносятся осадочного материала около 978 тыс.м<sup>3</sup> в год или в среднем 20,7 м<sup>3</sup> в год с I пог.м длины клифов. Берега сложены глинистыми породами, переслаивающимися с песчаниками и галечниками, – и потому содержание наносообразующих фракций более 0,1 мм (песчано-галечные) составляет 36,8%. Это довольно много. Следовательно, в береговую зону из клифов поступает наносов на указанном участке 360 тыс.м<sup>3</sup> в год. С бенчей приходит столько же наносов.

Поскольку профили подводного склона здесь крутые, основная масса наносов (преимущественно песчаные фракции) уходит на глубину, к подножью подводного склона. Об этом свидетельствуют подводные работы, по которым обнаружены обширные площади песков и гравия значительной мощности. На пляжах остаются преимущественно гравийно-галечные фракции, и поэтому примерно половина материала (около 300 тыс.м<sup>3</sup> в год) питает вдольбереговые потоки наносов.

Расчет волноэнергетических характеристик по методам В.Л.Максимчука и В.В.Лонгинова показал, что волновой поток переносит в северном направлении вдоль берега 62% энергии, а в южном – 38%. Если принять, что все наносы береговой зоны в количестве 300 тыс.м<sup>3</sup> в год полностью распределяются вдоль берега пропорционально

"действующей энергии, то, по-видимому, **02%** общего объема (186 тыс.м в год) должно уходить на север к Евпаторийской бухте, а **38?** объема (114 тыс.м<sup>3</sup> в год) - на юг, в сторону мыса Константиновский. Известно **2\_7**, что вдольбереговой поток рассчитывается как алгебраическая сумма противоположных миграций наносов, и потому мощность Бельбекско-Евпаторийского потока равна  $186 - 114 = 72$  тыс.м<sup>3</sup> в год. Судя по данным съемок 1945-1958 гг. Черноморного проекта, в Евпаторийской бухте, где поток разгружается, ежегодно откладывается наносов до 80 тыс.м<sup>3</sup> в год. Они питали широкие пляжи у набережной в Евпатории и поддерживали в стабильном состоянии пересыпь лимана 'Сасък. В объеме мощности вдольберегового потока и следовало добывать наносы как строительный материал.'

В 1955 г. около Сакской пересыпи к югу от Евпаторийской бухты на подводном склоне моря стали вести добычу гравийно-галечных смесей для нужд строительства. До 1965 г. было добыто свыше 15 млн.м<sup>3</sup> наносов. Образовавшийся мощный дефицит вызвал отступление берега до 11 м/год за период добычи. В итоге начали активно разрушаться берега, размываться и исчезать пляжи, в частности перед городской набережной в Евпатории. На восстановление прежнего режима береговой зоны (при условии полного прекращения любого изъятия наносов) при данной мощности потока потребуется более 200 лет.

Аналогичная ситуация сложилась в свое время в Ялтинской бухте, в Феодосийском заливе, в районе пос.Черноморка южнее Одессы и в некоторых других районах Черного моря. Этот печальный опыт дал возможность накопить необходимый опыт и разработать рекомендации для рационального использования природных ресурсов береговой зоны. Таких негативных последствий уже не было, например, у южных берегов Самбийского полуострова на Балтийском море, где велись разработки строительных песков. Подобные изложенным выше расчеты были выполнены одним из авторов при обосновании объемов опытной добычи россыпных залежей из слоя волновой переработки /-3\_7.

Важной особенностью динамики береговой зоны являются высокие скорости современной седиментации, которые на несколько порядков превышают скорости осадкообразования на сопредельной с берегами суши и на дне моря согласно очень высоким запасам волновой энергии **2\_7**. Седиментационные процессы развиваются в так называемом слое волновой переработки, который представляет собой слой донных и пляжевых наносов, перерабатывавшихся в течение единицы времени некоторым множеством волнений и в результате перемещения подвижных микро- и мезоформ прибрежно-морского рельефа **2-3j**. В усло-

виях неприливных морей мощность слоя достигает в среднем 1-3 м, в условиях приливных морей - до 2-3 м, максимум - до 4-5 м.

При эксплуатации карьеров по добыче строительных материалов и компонентов россыпей наибольшее значение имеет непрерывный обмен наносами в слое волновой переработки. Именно обменом обеспечивается постоянство состава наносов, в частности валового содержания тяжелых минералов и содержания отдельных полезных минералов в определенном соотношении. Это свойство необходимо использовать при рациональной и безопасной для окружающей среды эксплуатации современных прибрежно-морских россыпных месторождений.

Рациональная разработка россыпей требует, чтобы глубина карьера не превышала мощность слоя волновой переработки. Если глубина карьера будет больше, то разработке будут подвергаться стабильные отложения, не подвергающиеся современному процессу седиментации, а потому не вовлеченные в обмен с потоком наносов. Такие отложения стабильны, как и за пределами береговой зоны, следовательно, они могут быстро иссякнуть и потерять свое промышленное значение.

Разработка в слое волновой переработки приведет к тому, что на место добытого материала во вдольбереговом потоке поступят новые порции наносов, Они будут восстанавливать прежний, исторически сложившийся состав россыпного тела, если вести добычу в объемах мощности вдольберегового потока. Подобный процесс регенерации позволит использовать береговую зону как естественную обогатительную "фабрику" и эксплуатировать месторождение длительное время без вреда для окружающей среды. Это было доказано натурным экспериментом /" **3**,

Проанализированные нами свойства природы береговой зоны должны изучаться на всех участках предполагаемой разработки строительных материалов и россыпных месторождений. В дальнейшем, в процессе добычи, исследования должны продолжаться, но только в меньшем объеме и в форме своеобразного контроля за состоянием карьеров и сопредельных с ними участков берегов и подводного склона. Подобный контроль предлагается нами вести несколькими способами.

1. Добыча наносов в береговой зоне должна сопровождаться наблюдениями за динамикой рельефа.

Обычно отступление илфов и углубление бенчей, изменения пляжей испытывают колебания во времени соответственно ритмическому развитию природных явлений **4\_7**. Если деформации рельефа не выходят за рамки естественных ритмических деформаций, то карьеры по добыче наносов не оказывают вредного влияния на берега и пляжи.

2. При добыче наносов карьеры в береговой зоне, должны регулярно пополняться материалом из вдольбереговых потоков. Должно идти устойчивое восстановление нарушаемого рельефа. На такое восстановление должно идти за единицу времени (год) количество наносов, не превышающее мощности потока. Если наблюдениями обнаруживается, что выбирается больше, чем может компенсировать вдольбереговой поток, то, очевидно, что карьер может негативно повлиять на сопредельные берега и пляжи.

3. При разработке россыпных месторождений нужно вести контроль за содержанием тяжелой фракции и полезных минералов в слое волновой переработки. Поперечные промерно-грунтовые галсы должны пересекать подводный склон с находящимся на нем карьером, начиная от береговой линии и пляжа. Опробование покрова наносов должно показывать устойчивое содержание тяжелой фракции и отдельных минералов. Если этого нет и наблюдается уменьшение ниже естественных пределов содержания, то это указывает на разубоживание россыпного очага и на возможность негативного влияния карьера на сопредельные берега и пляжи.

4. Каждый участок береговой зоны сложен наносами строго определенного гранулометрического и минералогического состава, в соответствии со сложившимися внешними условиями. Состав наносов при существующем гидрометеорологическом режиме обуславливает профиль подводного склона строго определенной крутизны. Поскольку изъятие наносов ведет к возрастанию дефицита их в условиях неизменного гидрометеорологического режима, то происходит увеличение крутизны подводного склона, и это увеличение регулируется глубиной карьера: чем глубже карьер и чем сильнее он выходит из слоя волновой переработки, тем более крутым делается профиль склона. Если известны естественные колебания крутизны профиля, то можно рекомендовать такую глубину карьера, которая не повлечет за собой существенное уменьшение запасов наносов, не приведет к критическому возрастанию крутизны и, следовательно, не будет способствовать смещению наносов с пляжей и подводного склона в карьер. В результате пляжи останутся в прежних размерах, достаточных для надежной защиты берегов от абразии.

Существуют также и другие способы контроля динамики береговой зоны во время добычи строительных материалов и разработки россыпных месторождений. Их применение определяется особенностями регионального строения, местными условиями и может быть рекомен-

довано на отдельных участках береговой зоны - для каждого участка свой способ контроля, помимо универсальных, изложенных выше.

1. Буданов В.И. Методика экспедиционных исследований береговой зоны моря. - М.: Наука, 1964.
2. Зенкович З.П. Основы учения о развитии морских берегов. - М.: Изд-во АН СССР, 1962.
3. Шуйский Ю.Д. Особенности прибрежно-морских россыпей Восточной Балтики в связи с режимом вдольберегового потока наносов. - Автореф. дис. канд. геогр. наук ОИО АН СССР, М., Ин-т океанологии АН СССР. 1970.
4. Шуйский Ю.Д. Фактор времени при анализе процессов развития береговой зоны. - Инж. геология и гидрогеология, 1976, вып. 5.
5. Шуйский Ю.Д. О подводной абразии в верхней части дельты Северо-западного района Черного моря. - В кн.: Геоморфология и палеогеография шельфа. М.: Наука, 1978.
6. Шуйский Ю.Д. Питание обломочным материалом Северо-западного и Крымского районов шельфа Черного моря. - В кн.: Исследование динамики рельефа морских побережий. М.: Наука, 1979.

УДК/622.271.5 : (552.51+552.588) ] (262.54) .

В.А.Мамыкина, Ю.П.Хрусталева, Ю.В.Артюхин, А.Г.Марынич,  
С.Я.Черноусов  
Ростовский госуниверситет

ВЛИЯНИЕ ПОДВОДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ РАЗРАБОТКИ  
ПЕСЧАНО-РАКУШЕЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
НА ШЖ\ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО МОРЯ

В прибрежной мелководной зоне Азовского моря, являющегося областью интенсивной седиментации, происходит формирование кос, банок, подводных валов, содержащих значительные запасы ценных строительных песков, минерального сырья - ракушки, детрита.

3 послевоенный период практически на всех косах Азовского моря была развернута промышленная разработка песка и ракушки, к 1970 г. составившая свыше 60 млн.т. Побережью был нанесен непоправимый ущерб, который проявился в усилении темпов размыва ряда участков коренного берега, аккумулятивных форм, донных отложений, уничтожении хозяйственных и жилых построек. Проведенные исследования показали, что разработка надводных береговых отложений в связи с дефицитом пляжеобразующих фракций в большинстве районов побережья абсолютно недопустима.

Потребности в строительных материалах хозяйства только прибрежных областей составляет в среднем 700-900 тыс. - т в год. Поэтому, действительно необходимо изучение принципиальных возможностей