

УТВЕРЖДАЮ

Директор Южного отделения Федерального
государственного бюджетного учреждения науки
Институт океанологии им. П.П. Ширшова
Российской академии наук (ЮО ИО РАН)

кандидат географических наук

Куклев Сергей Борисович



Куклев С.Б.

« 31 » 02 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации
Южного отделения

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук
на диссертационную работу

Гурова Константина Игоревича

«Характеристики и динамика гранулометрического состава донных наносов
прибрежных районов Крыма»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата географических наук
по специальности 1.6.17 – Океанология

Актуальность темы работы. Прибрежные районы являются зонами активной антропогенной нагрузки, а также интенсивных гидро- и геодинамических процессов. Донные наносы прибрежных районов Крыма отличаются большим разнообразием и, благодаря смешению источников поступления материала, постоянной неоднородностью их пространственного распределения. Однако, детальных исследований особенностей гранулометрического состава донных наносов и его динамики для акваторий Каламитского и Лименского заливов, а также Балаклавской бухты не проводилось. Кроме того, с учетом наблюдаемых скоростей осадконакопления у берегов Крыма, можно предположить, что полученные ранее сведения о структуре наносов не отображают реальной картины и требуют обновления.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Объем диссертации 166 страницы, в том числе 47 рисунков и 13 таблиц. Список использованной литературы включает в себя 175 наименований, в том числе 47 на английском языке. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Основные результаты, полученные в диссертации.

В первой главе рассматриваются общие характеристики донных наносов, дается информация об особенностях классификации донных наносов, используемая в работе. Рассмотрены факторы формирования и динамики донных наносов у берегов Крыма. Проведен анализ литературных источников, посвященных особенностям гранулометрического состава донных наносов у берегов Крыма.

Отмечено, что, несмотря на особое значение, которое точные данные о размерном составе донных наносов имеют для адаптации и валидации моделей, описывающих литодинамические процессы на участках береговой зоны, детальных исследований штормовых и сезонных изменений гранулометрического состава донных наносов в настоящее время не проводилось. Кроме того, сведения о структуре наносов, полученные ранее на отдельных точках в мористой и береговой зонах Каламитского залива, Лименского залива и Балаклавской бухты, устарели, противоречивы и отрывочны, не отображают реальной картины и требуют обновления.

Во второй главе приведен анализ литературных данных, описывающих особенности геолого-геоморфологического строения прибрежной и береговой зон, гидрометеорологические и гидродинамические условия как основные факторы формирования донных наносов в акваториях Каламитского залива Лименского залива и Балаклавской бухты.

В третьей главе представлены материал и методы исследования гранулометрического состава наносов, а также параметры и особенности применения модели динамики береговой зоны (*XBeach*). Приводятся схемы станций отбора проб донных наносов в прибрежной зоне Каламитского залива, Лименского залива и Балаклавской бухты, а также схема расположения точек отбора проб в береговой зоне в Каламитском заливе.

Показано, для исследования состава крупнозернистых псамито-алевритовых и смешанных донных наносов в работе применялся комбинированный ситовой анализ (метод декантации и рассеивания). Представлен подробный ход выполнения анализа и особенности обработки результатов измерений, в том числе применяемый в работе порядок расчета процентного содержания фракций, величин среднего медианного диаметра (M_d) и коэффициента сортировки (S_k). Показаны особенности используемой в модели системы координат, уравнений гидродинамики, транспорта наносов и деформаций дна. Параметры ветрового волнения задавались на мористой границе расчетной области с помощью спектра JONSWAP. Особенности аппроксимации характеристик донных наносов, используемых в модели XBeach, состоят в том, что возможно использование нескольких фракций наноса, для каждой из которых задаются свои значения величин среднего медианного диаметра (D_{50}) и дополнительных величин D_{15} и D_{90} , полученных при построении кумулятивной кривой для каждой фракции по результатам гранулометрического анализа проб грунта. Начальный состав донных наносов задавался в виде смеси из трех компонентов. Количество вещества каждой фракции в смеси выражено в объемных концентрациях, соответствующих долевого содержанию данного материала в единичном объеме.

В четвертой главе представлены результаты исследования гранулометрического состава донных наносов, отобранных в мористой, прибрежной и береговой частях Каламитского залива. Установлено, что донные наносы мористой части представлены ракушечным гравием с детритовым песком, а также алеврито-пелитовым и пелито-алевритовым илом. Донные наносы прибрежных районов отличаются бóльшим разнообразием, что, скорее всего, связано с источниками их питания и с гидродинамической активностью. Показано, что в береговой зоне Каламитского залива вблизи линии уреза воды накапливается средний и мелкий гравий с примесью мелкозернистого песка. В наносах пляжей преобладает фракция 0,5–0,25 мм с включениями крупно- и мелкозернистого песка до 24–28%, а алевритового и пелитового материала до 0,6%, что согласуется с литературными данными.

Рассмотрены особенности гранулометрического состава донных наносов Лименского залива. Показано, что в прибрежной зоне наносы состоят из среднезернистых песков с включением ракушечного материала и известнякового гравия, а мористая часть полигона занята алеврито-пелитовыми илами.

Показано, что донные наносы Балаклавской бухты представлены преимущественно пелито-алевритовыми и алеврито-пелитовыми илами, максимальные концентрации которых отмечались в кутовой северо-западной части северного бассейна, что объясняется особенностями орографии берега, циркуляцией вод в бухте и строением берега в акватории южного бассейна.

В пятой главе представлены результаты изучения динамики гранулометрического состава донных наносов под воздействием ветрового волнения с использованием численного моделирования, для участков Каламитского залива, Лименского залива и Балаклавской бухты.

Показано, что на интенсивность перемещения песчаных фракций по монотонному профилю в Каламитском заливе значительное влияние оказывает крупность материала и расположение границ его раздела, а также интенсивность волнения. Анализ результатов математического моделирования показал, что для всех численных экспериментов отмечается активное перераспределение более крупных фракций в верхней части подводного берегового склона и однонаправленное перемещение мелких частиц в сторону моря. Установлено, что в Каламитском заливе основные морфодинамические процессы происходят в пределах участка 100–120 м от уреза и ограничиваются изобатой 2,5–3,5 м.

В акватории Лименского залива основное перераспределение песчаных фракций в процессе штормового воздействия происходит в течение первых 6 часов, и ограничивается изобатой 20 м. Результатами анализа данных математических расчетов позволили подтвердить, что основными факторами, регулирующими перемещение материала, является глубина и уклон дна. Установлено, что накопление крупнозернистого материала вблизи берега определяется максимальными величинами уклона дна на участке 0–115 м от уреза (от 0,22 до 0,049). Незначительный рост величин уклона дна (от 0,049 до 0,056) на участке 115–175 м от уреза сопровождается увеличением доли

мелкозернистой фракции и сокращением доли крупнозернистой. В мористой части акватории (180–500 м от уреза) с плавным изменением величин угла наклона от 0,056 до 0,053 незначительно увеличивается доля крупнозернистого материала, а мелкозернистого – уменьшается.

Для акватории Балаклавской бухты и прилегающей части залива Мегало-Яло моделирование динамики донных наносов было выполнено впервые. Показано, что основными факторами, регулирующими перемещение материала в акватории Балаклавской бухты, являются глубина и уклон дна. Отмечено, что основное перераспределение песчаного материала, вызванное штормовым волнением, отмечается в пределах южного бассейна, а также на выходе из бухты. Это определяется особенностями орографии берега, а именно коленовидной узостью, разделяющей северный и южный бассейны. Кроме того, установлено, что, несмотря на изолированность северной кутовой части Балаклавской бухты от волнения открытого моря, под воздействием штормов в северном бассейне отмечается перераспределение донных наносов от западного берега к центральной части и к восточному берегу бухты. Показано, что резкое изменение угла наклона дна между изобатами 6–7 и 7–8 м сначала приводит к осаждению крупных и средних фракций, а на участке между изобатами 9–10 и 10–12 – к осаждению уже мелкозернистого песка.

В **Заключении** приводятся основные результаты диссертационной работы.

Обоснованность и достоверность результатов. Достоверность полученных в работе результатов натурных наблюдений подтверждается соответствием требованиям нормативных документов и межгосударственных стандартов (*ГОСТ*, 1984; *ГОСТ*, 2014; *ISO*, 2004). Полученные в работе натурные данные не противоречат результатам исследований, опубликованных другими авторами в современных публикациях, для районов с похожими физико-географическими и океанологическими условиями.

Расчеты выполнены с помощью численной гидродинамической модели *XBeach* – свободно распространяемого программного продукта с открытым кодом (<http://oss.deltares.nl/web/xbeach/home>), который поддерживается и

развивается международным консорциумом (UNESCO, Deltares, Delft University of Technology, University of Miami). Работы по верификации результатов численных расчетов с использованием модели *XBeach* широко представлены в публикациях зарубежных авторов для различных прибрежных районов по всему миру. Для исследуемых районов показана хорошая сходимость результатов моделирования с данными натурных экспериментов.

Научная и практическая значимость. Полученные результаты расширяют современные представления о структуре и пространственной изменчивости распределения донных наносов в прибрежных районах и береговой зоне Крыма, характере перераспределения крупно-, средне- и мелкозернистых фракций под воздействием штормовых условий для акваторий, отличающихся орографией берега, рельефом дна и особенностями гидродинамики. Полученные данные натурных измерений и результаты численных расчетов восполняют недостаток информации о структуре и факторах формирования донных наносов в прибрежных районах Крыма.

Рекомендации по использованию результатов диссертации. Полученные результаты в дальнейшем могут быть использованы при планировании берегозащитных мер, направленных на рациональное использование ресурсов прибрежной и береговой зон Крыма.

Положительные особенности работы.

Работа посвящена изучению состава донных наносов нескольких участков подводного склона Крымского п-ова. Донные наносы прибрежных районов Крыма отличаются большим разнообразием и неоднородностью их пространственного распределения, что является результатом совмещения наносов разного происхождения и сложными гидро-литодинамическими условиями. Детальных исследований особенностей гранулометрического состава донных наносов и его динамики для акваторий Каламитского и Лименского заливов, а также Балаклавской бухты до настоящего времени не проводилось. Таким образом, представленная работа дает ценный фактический материал для анализа гидро-литодинамических особенностей конкретных акваторий.

Вопросы и замечания по диссертации.

1. В работе постоянно используются словосочетания «прибрежная зона», «береговая зона», «прибрежные районы». При этом нигде не приводится авторская трактовка этих понятий в приложении к представленным исследованиям. Между тем, для правильного анализа пространственных особенностей распределения наносов и их динамики критически важно знать, к какой морфодинамической зоне относятся те или иные результаты.

2. В работе участки исследований представлены в терминах «район берега», «береговая область». При описании литодинамических процессов желательно использовать принятую в научной литературе терминологию. Например, Каламитский залив является литодинамической ячейкой в структуре Западно-Крымской литодинамической системы.

3. Среди факторов, определяющих формирование и динамику донных наносов прибрежной части моря, автор выделяет следующие (стр. 24): « ... глубина и рельеф акватории и прилегающей территории суши, особенности орографии берегов, характер течений, биологическая активность, поступление терригенного и биогенного материала». Между тем, в рассматриваемом регионе основным фактором, определяющим особенности динамики донных и пляжных наносов и их пространственной дифференциации, является волнение. Именно волнами формируется рельеф и конфигурация акватории (в геологическом масштабе времени), взмучивание и перенос поступающего терригенного и биогенного материала. К выводу, что волнение является определяющим фактором литодинамических процессов, автор приходит по результатам моделирования лишь в главе 5 диссертации.

4. Одной из задач представленного исследования было получение новых экспериментальных данных о характеристиках гранулометрического состава донных наносов прибрежной и береговой зон исследуемых районов Крыма. В ходе исследования в период с 2005 по 2019 гг. было отобрано 128 проб (8 проб в год). Для анализа пространственных особенностей такого количества проб может быть достаточно, но для анализа их пространственно-временной динамики – явно мало.

5. К сожалению, в работе почти все выводы по динамике наносов опираются на результаты моделирования, а не анализа реальных проб. Это приводит к несколько неправильному пониманию сделанных автором заключений. Приведем примеры:

а) В защищаемом положении 3 указано, что «динамика гранулометрических фракций и морфодинамические изменения» ... «определяются параметрами и интенсивностью ветрового волнения, а также положением границы разделения фракций по крупности».

б) В числе основных результатов (пункт 8) указано: «...одним из основных параметров, определяющим особенности перераспределения фракций, является пространственная неоднородность гранулометрического состава и границы расположения различных фракций по крупности».

Приведенные автором выводы, по-видимому, относятся для расчетов процесса перераспределения в ходе шторма по поперечному профилю подводного склона тех или иных фракций изначально «идеальных наносов». «Границы», о которых идет речь – условны, и приняты исключительно для расчета и не основаны на реальных данных.

6. В числе основных результатов (пункт 3) указано: «Полученные результаты расширяют современные представления о структуре и пространственной изменчивости...». Однако, рассматриваемая работа не вполне может претендовать на «расширение представлений», но предоставляет факты, подтверждающие существующие общие теоретические представления для условий конкретных акваторий. К примеру, при характеристике научной новизны полученных результатов указано, что «в Лименском заливе основными факторами, определяющими перемещение наносов под воздействием волн, являются глубина и уклон дна, орография берега и направление волнения. Крупнозернистый материал концентрируется в прибрежной зоне у мысов, создающих зоны волновой тени. Среднезернистые фракции выносятся из береговой зоны и отлагаются в центральной части залива, а мелкозернистый материал накапливается на участках с малыми уклонами дна». Перечисленные закономерности полностью соответствуют давно известным теоретическим представлениям и подтверждают их на конкретных примерах.

7. При описании моделей допущен ряд неточностей. В частности, для частотного спектра JONSWAP (стр. 72) указан « $s = 1000$ – параметр пиковатости спектра». На самом деле s - Directional spreading coefficient, т.е. угловое рассеивание. На этой же странице читаем: «Значительная высота волны h_s – это среднее значение самой высокой трети волн; вместо h_s также часто используется обозначение $h_{1/3}$ ». Это не совсем так. Высота h_s находится через нулевой момент спектра. Высота $h_{1/3}$ определяется анализом волнограммы. Разница между ними, особенно в прибрежной зоне, может составлять 10-15%.

8. В главе 5 исследуются идеализированные условия шторма с заданными и неизменными за весь период численного эксперимента параметрами волнения. Исходя из существующих теоретических представлений, пространственное распределение наносов во многом определяется изменчивостью волновых характеристик: временем фаз развития и затухания шторма, частотным сдвигом, изменением крутизны волн и пр. Результаты моделирования, полученные за период развития реального шторма (например, с использованием полей ветра ERA), могли представлять больший научный интерес.

9. В Автореферате отсутствует схема исследуемых прибрежных районов Крыма, что затрудняет понимание работы. В самой диссертации мало графического материала (или он предельно схематичен) по строению подводного и надводного рельефа рассматриваемых участков, особенно для Балаклавской бухты. Между тем, автор постоянно подчеркивает, что рельеф является одним из важнейших факторов, определяющих состав и динамику наносов. На всех рисунках приведена географическая координатная сетка, но отсутствует масштабная линейка, что делает фактически невозможным оценку линейных расстояний и сопоставление закономерностей, отмеченных на разных тестовых участках.

Указанные недостатки, в целом, не снижают качества выполненной работы и ее научной ценности.

Заключение.

Кандидатская диссертация Гурова Константина Игоревича «Характеристики и динамика гранулометрического состава донных наносов прибрежных районов Крыма» является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой по специальности 1.6.17 – «Океанология». На основе натурных исследований и численных экспериментов в работе получены новые результаты, имеющие научное и практическое значение.

В диссертации имеются необходимые ссылки на авторов и источники заимствованных материалов, в том числе – на научные работы соискателя. Основные результаты, представленные в диссертации, опубликованы в рецензируемых научных изданиях. Требованиям ВАК при Минобрнауки РФ удовлетворяют 11 работ.

Автореферат диссертации полностью отражает ее основное содержание. Диссертация полностью соответствует специальности 1.6.17 – «Океанология» и удовлетворяет всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, а ее автор, Гуров Константин Игоревич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата географических наук.

Отзыв на диссертационную работу Гурова Константина Игоревича обсужден и утвержден на научном семинаре Лаборатории литодинамики и геологии ЮО ИО РАН (Протокол № 01/23 от 06.02.2023 г.).

Зав. лабораторией литодинамики и геологии Южного отделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, вед н.с., кандидат географических наук Крыленко Марина Владимировна.

15.02.2023



Крыленко Марина Владимировна

Старший научный сотрудник лаборатории экологии Южного отделения
Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт
океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук, кандидат
географических наук Крыленко Вячеслав Владимирович,

15.02.2023 г.

Крыленко Вячеслав Владимирович

Сведения о ведущей организации:

Южное отделение Федерального государственного бюджетного учреждения
науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук
(ЮО ИО РАН).

353467, Россия, Краснодарский край, г. Геленджик, ул. Просторная, д. 1Г

Тел. +7(86141) 2-80-89

Подписи Крыленко М.В. и Крыленко В.В. заверяю.

Директор Южного отделения Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Институт океанологии им. П.П. Ширшова Российской
академии наук (ЮО ИО РАН)

«15» февраля 2023 г.



Куклев Сергей Борисович