

УДК 551.435.36,551.35

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ОТЛОЖЕНИЙ АНАПСКОЙ ПЕРЕСЫПИ

© 2016 г. В. В. Крыленко, А. Д. Кочергин, М. В. Крыленко

*Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Геленджик**e-mail: krylenko.slava@gmail.com*

Поступила в редакцию 20.05.2015 г.

В работе представлены методика и результаты изучения гранулометрического состава отложений Анапской пересыпи. Выявлено, что на протяжении Анапской пересыпи имеются несколько участков, выделяющихся по гранулометрическому составу отложений. Установлено, что вдольбереговая изменчивость донных отложений менее выражена, чем отложений на суше, а картина вдольберегового распределения гранулометрического состава отражает локальные различия гидродинамических условий отдельных участков пересыпи. Эти данные важны для понимания современных литодинамических процессов и эволюции геосистемы Анапской пересыпи.

DOI: 10.7868/S003015741601007X

### ВВЕДЕНИЕ

Анапская пересыпь — это аккумулятивная форма протяженностью около 47 км, расположенная в СЗ части кавказского побережья Черного моря (рис. 1). Анапская пересыпь сложена преимущественно кварцевым песком с примесью ракушечного детрита и сочетает в своем развитии поперечное и продольное перемещение наносов [1, 2, 6]. В работе [4], рассматривающей особенности пространственной и временной изменчивости гранулометрического состава пляжевых и донных отложений южного участка Анапской пересыпи протяженностью около 10 км, было отмечено уменьшение среднего размера частиц в направлении с СЗ на ЮВ и высказано предположение, что данная тенденция характерна для всей пересыпи в целом. Полученные новые данные показывают, что такое предположение не вполне соответствует действительности, и вдольбереговое распределение отложений по гранулометрическому составу значительно сложнее.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основу работы [4] были положены материалы исследований, проведенных в 2010 г. на южной части Анапской пересыпи. Было выполнено обследование гранулометрического состава по 11 профилям, проведенным через 1 км (рис. 1). На каждом профиле отбор проб производился в характерных морфологических частях (на суше — в зоне наката волн, на выположенной поверхности пляжа, у подножия авандюны; на подводном склоне — на глубинах 2, 5, 7 и 10 м). При лабораторной обработке выделялись 13 фракций (в мм: <0.05; 0.05–0.063; 0.063–0.1; 0.1–0.16; 0.16–0.2; 0.2–0.315; 0.315–0.4; 0.4–0.63; 0.63–1.0; 1.0–1.6;

1.6–2.5; 2.5–5.0; >5.0). Приведенные в работе [4] данные позволили оценить распределение гранулометрического состава лишь для южного участка пересыпи длиной 10 км, поэтому выводы, сделанные в ней, требовали продолжения исследований.

В течение 2012–2014 гг. отработывалась оптимальная методика отбора проб и методика последующего гранулометрического анализа. Число выделяемых фракций было увеличено до 22 (в мм: <0.05; 0.05–0.063; 0.063–0.08; 0.08–0.1; 0.1–0.125; 0.125–0.16; 0.16–0.2; 0.2–0.25; 0.25–0.315; 0.315–0.4; 0.4–0.5; 0.5–0.63; 0.63–0.8; 0.8–1.0; 1.0–1.25; 1.25–1.6; 1.6–3.0; 3.0–4.0; 4.0–5.0; 5.0–7.5; 7.5–9.5; >9.5). На тестовом участке (профили 9–10) были отобраны пробы на всех характерных элементах поперечного профиля: на фиксированных глубинах 10 м; 5 м (за пределами подводных валов); на гребнях 3 и 2-го подводного валов; в ложбинах между подводными валами; на урезе; на поверхности пляжа за штормовым валом; у подножия авандюны; на гребне авандюны. Анализ полученных результатов показал высокое сходство распределения грансостава на гребнях подводных валов (независимо от их удаления от берега), что, по-видимому, указывает на схожие гидродинамические условия. Отмечена сильная изменчивость грансостава в приустьевой зоне и в ложбинах между валами, связанная со значительной дифференциацией содержания ракуши и более сложными и изменчивыми гидродинамическими условиями. Стало ясно, что для выявления закономерностей вдольбереговой изменчивости в распределении наносов на подводном склоне целесообразно производить отбор проб в морфологических зонах с наиболее “постоянными” гидродинамическими

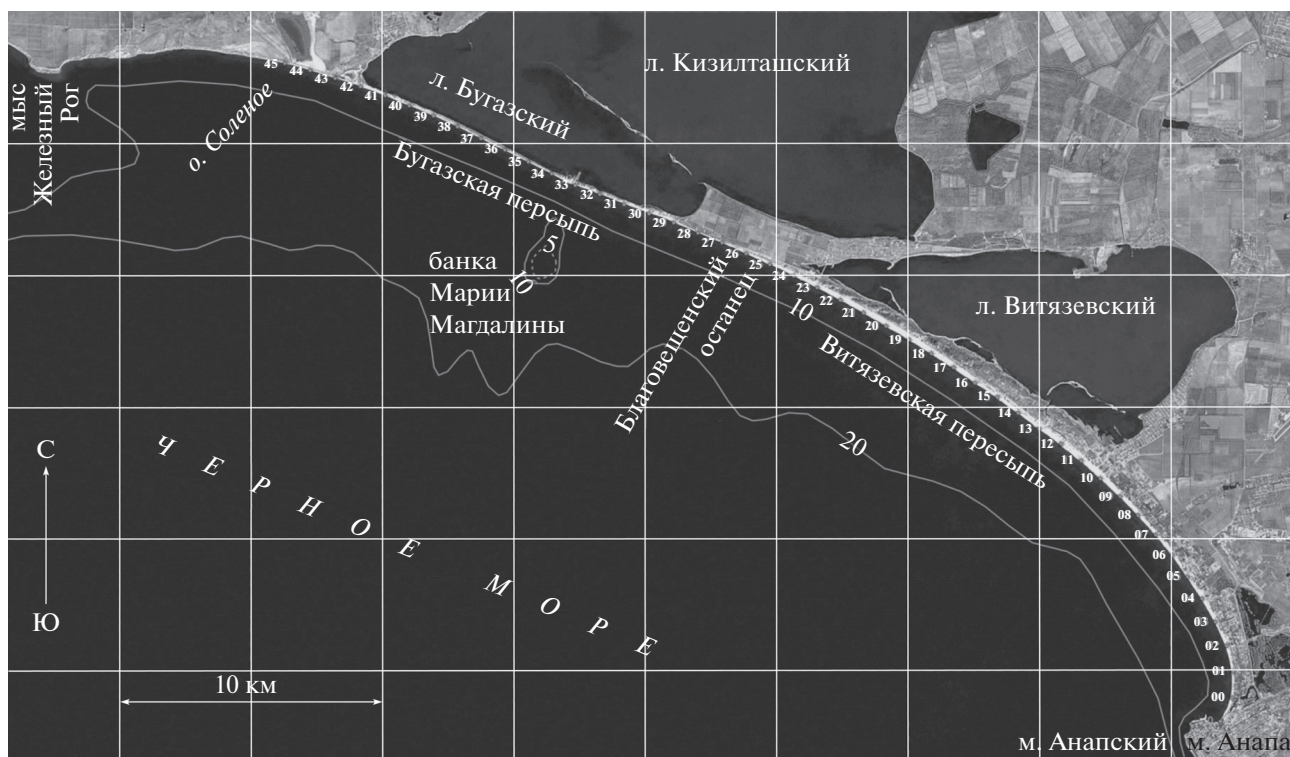


Рис. 1. Схема Анапской пересыпи и местоположение опорных профилей.

условиями (на гребнях подводных валов и на постоянной глубине за пределами зоны формирования подводных валов).

Наличие ракуши и ракушечного детрита (распределение которых зависит от локального рельефа, гидродинамических условий и ареалов распространения моллюсков) осложняет обработку и гранулометрический анализ проб. Во-первых, гидравлические свойства частиц детрита способствуют формированию на дне (как правило, на участках с пониженной гидродинамической активностью) ареалов произвольной формы и размеров тонкого (5.0–20.0 мм) чехла из детрита поверх основной массы кварцевого песка. Подобное явление наблюдается на поверхности дюн, где в локальной ветровой тени формируется чехол (толщиной до 5.0 мм) из мельчайших частиц детрита. Во-вторых, форма пластин детрита существенно искажает реальное распределение по фракциям при переходе от сит с круглыми отверстиями (диаметр 3.0 мм) к квадратной ячейке (размер ячейки 3.0 × 3.0 мм). В-третьих, наличие в пробе даже небольшого количества относительно крупных частиц значительно искажает статистические показатели гранулометрического анализа.

В целях определения роли ракушечного детрита в формировании общего объема отложений Анапской пересыпи был проведен анализ его содержания в различных морфологических зонах. Визуальный анализ с помощью микроскопа показал, что практически все фракции крупнее 1.0 мм представлены ракушечным детритом. В

наземных отложениях содержание фракций >1.0 мм составляет на урзе в среднем около 30% (максимум до 80%), в пределах пляжа в среднем 10%, на дюне – в среднем не более 1.0%. В подводных отложениях содержание фракций >1.0 мм зависит от подводного рельефа – в ложбинах между валами отмечаются скопления детрита и даже цельной ракуши (в среднем около 30%, максимум до 80%), но эти отложения не образуют сплошной полосы, флуктуации при этом очень значительны, вдольбереговые закономерности в распределении не прослеживаются. На гребнях подводных валов содержание фракций >1.0 мм в среднем составляет 1.6% (максимум не превышает 3.0%). С морской стороны от подводных валов на глубине 5 м среднее содержание фракций >1.0 мм составляет 1.9% (без резких флуктуаций). На глубине 10 м среднее содержание частиц >1.0 мм составляет 5.5% (имеются резкие флуктуации, связанные с наличием крупной живой и отмершей ракуши).

Если учесть особенности накопления детрита (формирование относительно тонких “чехлов” на отдельных участках) и приведенные выше показатели его содержания (не превышающие 30%), следует констатировать, что детрит с размерами частиц >1.0 мм не является определяющим при формировании основного объема надводных и подводных аккумулятивных форм Анапской пересыпи. В дальнейшем, для снижения искажающего результаты гранулометрического анализа влияния детрита, были использованы следующие

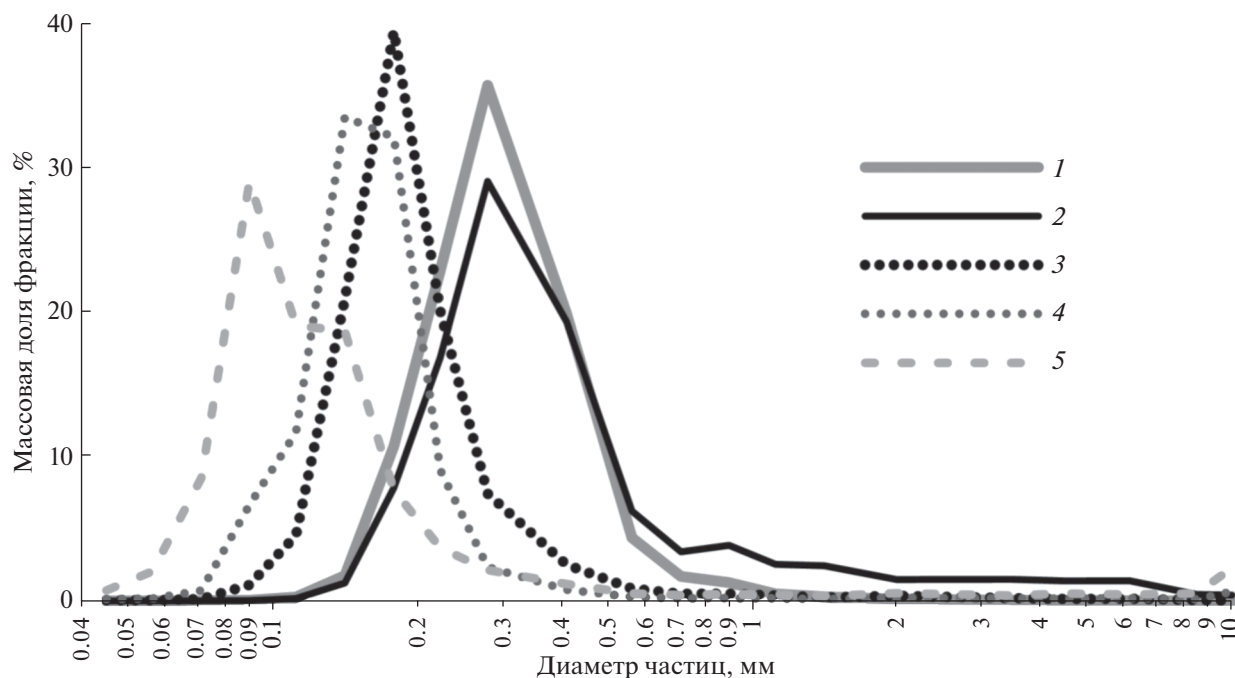


Рис. 2. Различия гранулометрического состава отложений основных морфологических элементов поперечного профиля Анапской пересыпи: 1 – авантюна, 2 – пляж, 3 – гребень подводного вала, 4 – глубина 5 м, 5 – глубина 10 м.

методы: отбор проб, по возможности, производился на участках без наличия детритового “чехла”; производились статистические расчеты в варианте с “вычетом” фракций >1 мм.

Таким образом, в результате тестирования различных методик отбора и обработки проб, была определена единая методика, позволяющая минимизировать влияние случайных факторов и оптимизировать процесс исследования гранулометрического состава отложений на всей протяженности Анапской пересыпи.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На подводном склоне наилучшие условия для сортировки наносов наблюдаются у гребней подводных валов (рис. 2), где также отмечена наименьшая вдольбереговая изменчивость содержания основных фракций (рис. 3). По содержанию фракции 0.16–0.2 мм в донных отложениях можно проследить границу литодинамически активной зоны. Максимально содержание этой фракции на гребнях подводных валов – в среднем около 40.0%, на морском склоне подводных валов (глубина 5 м) содержание этой фракции снижается до 33.8%, на 10 м – до 7.7% (на этой глубине выделяется участок с повышенным содержанием данной фракции в районе профилей 29–32).

Содержание фракции 0.063–0.1 мм отражает ослабление гидродинамической активности, оно заметно растет с глубиной моря – от 7.4% на глубине 5 м до 37.7% на глубине 10 м. В подводных валах содержание этой фракции минимально (1.3%), чуть больше в ложбинах между валами –

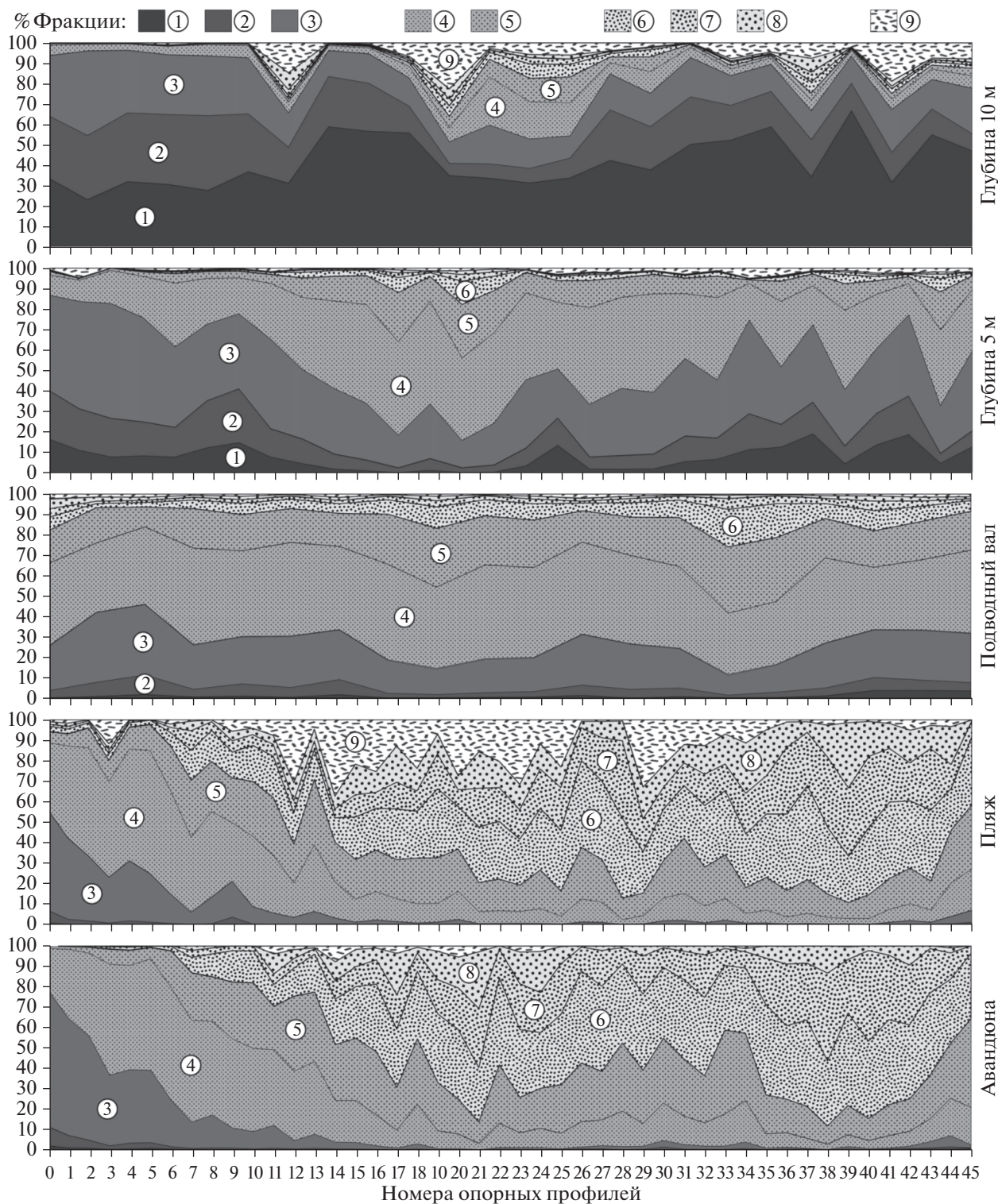
1.9% (на профилях 44 и 45 отмечены максимумы до 10%, указывающие на наличие поблизости источника поступления алевритов).

Среднее содержание частиц <0.063 мм минимально на подводных валах (0.1%), чуть больше в ложбинах между ними (0.15%), на глубине 5 м составляет 0.3%, на глубине 10 м достигает 2.8%. Для глубины 10 м характерной особенностью распределения данной фракции является заметное повышение ее содержания к СЗ от профиля 24, в районе профилей 42–45 ее доля достигает 7%.

В наземных пробах наилучшая сортированность отмечена для наносов с гребня авантюны. В целом, при исключении влияния детрита (фракций >1.0 мм), для пляжевых и дюнных отложений очень схожи как содержание наиболее массовых фракций, так и его вдольбереговая изменчивость (рис. 3).

Содержание частиц >1.0 мм максимально у уреза (среднее около 30%, максимальное достигает 80%). Значительно меньше содержание этих частиц в пределах всего пляжа вплоть до подножия дюны (среднее около 10%, максимумы до 40%). Флуктуации между соседними профилями при этом очень значительны, хотя прослеживаются и закономерности во вдольбереговом распределении. На гребне авантюны содержание частиц >1.0 мм составляет менее 1%.

Во вдольбереговом распределении (рис. 3) надводных и подводных (в меньшей степени) отложений прослеживается резкое изменение условий осадконакопления на южном краю пересыпи (к югу от 14–15 профилей), и на самом северном



**Рис. 3.** Вдольбереговая изменчивость гранулометрического состава отложений основных морфологических элементов Анапской пересыпи. Фракции (мм): “морские” (1 – <0.1, 2 – 0.1–0.125, 3 – 0.125–0.16); “промежуточные” (4 – 0.16–0.2, 5 – 0.2–0.25); “сухопутные” (6 – 0.25–0.315, 7 – 0.315–0.5, 8 – 0.5–1.0); детрит (9 – >1.0).

краю пересыпи (профили 43–45). Южный участок фиксирует экранирующее влияние Анапского мыса (что существенно снижает волновое воздействие). Северный участок отражает влия-

ние как конфигурации берега (экранирующее влияние мыса Железный Рог), так и поступление большого объема материала алевритовой размерности с разрушающегося клифа. Кроме того, в

распределении надводных отложений прослеживаются два схожих между собой участка (между профилями 17–25 и 36–43), а также характерный участок 26–35. Эти участки, вероятно, отражают совместное влияние гидродинамической обстановки (в свою очередь, обусловленной рельефом подводного склона и конфигурацией береговой линии), и наличия мощного источника ракушечного материала – банки Марии Магдалины. Отметим, что пока не обнаружено корреляции в расположении участков с характерным гранулометрическим составом отложений (подводных и сухопутных) с выявленными [3] участками длительного размыва (отступления) береговой линии.

На южной оконечности пересыпи (профили 0–5) наблюдается своеобразная “инверсия” крупности береговых наносов и материала подводных валов. Около 95.3% пляжевых отложений тут представлены фракциями мельче 0.25 мм (40.4% – мельче 0.16 мм). При этом в составе подводных валов среднее содержание этих фракций составляет 86.6% (26.9%). Связано это с тем, что на данном участке волновое воздействие и эоловые процессы существенно ослаблены, и на берегу накапливаются сравнительно мелкие наносы. При этом, гидродинамическая активность вдоль гребней подводных валов сравнима с таковой в центральной части пересыпи (на что указывает само формирование валов). Во время сильных штормов наблюдается размыв пляжа и авантюны [2, 6] и происходит вынос материала в зону формирования подводных валов. Таким образом, вероятно, что песок крупностью 0.16–0.25 мм с южного края пересыпи может вновь перемещаться на север в составе материала подводных валов. Это отчасти подтверждается тем фактом, что при постоянном размыве Центрального пляжа Анапы не отмечается вынос песка на глубину или его миграция в сторону Анапского мыса с последующим уходом на юг.

### ВЫВОДЫ

Новые данные опровергли предположение [4], что вдоль всей пересыпи в составе пляжевых и донных отложений к югу увеличивается доля мелких частиц и уменьшается доля крупных частиц, и что связано это с истиранием песка по ходу вдольбереговой миграции. Реальная картина

вдольберегового распределения гранулометрического состава оказалась значительно сложнее и отражает локальные различия гидродинамических условий [5] на отдельных участках Анапской пересыпи (обусловленные, в свою очередь, конфигурацией береговой линии, рельефом подводного склона, расположением источников наносов). Дальнейшие исследования будут направлены на выявление данных закономерностей и взаимосвязей.

Экспедиционные натурные работы (отбор проб) проведены В.В. Крыленко и А.Д. Кочергиным при финансовой поддержке РФФИ. Благодаря финансовой поддержке РФФ (проект № 14-50-00095) А.Д. Кочергиным проведена камеральная обработка материалов (обработка проб, гранулометрический анализ). Вычислительная и аналитическая часть исследований выполнена В.В. Крыленко и М.В. Крыленко в ходе выполнения проекта РФФ № 14-17-00547.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косьян Р.Д., Крыленко В.В. Современное состояние морских аккумулятивных берегов Краснодарского края и их использование. М.: Научный мир, 2014. 256 с.
2. Косьян Р.Д., Куклев С.Б., Крыленко В.В. Хрупкое равновесие Анапской пересыпи // Природа. 2012. № 2. С. 19–28.
3. Крыленко В.В. Новые данные по динамике морского берега Анапской пересыпи // Океанология. 2015. Т. 55. № 5. С. 821–828.
4. Крыленко В.В., Косьян Р.Д., Кочергин А.Д. Закономерности формирования гранулометрического состава донных и пляжевых отложений Анапской пересыпи // Океанология. 2011. Т. 51. № 6. С. 1123–1134.
5. Крыленко В.В., Крыленко М.В. Исследование значимости и взаимосвязей природных факторов формирования гранулометрического состава отложений и рельефа аккумулятивных береговых форм Черного моря // Геополитика и экогеодинамика регионов. Симферополь: ТНУ им. В.И. Вернадского. 2014. Т. 10. Вып. 1. С. 669–675.
6. Kosyan R.D., Goryachkin Yu.N., Krylenko V.V. et al. Godin Crimea and Caucasus Accumulative Coasts Dynamics Estimation using Satellite Pictures // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2012. V. 12. P. 385–390.

## New Data about Distribution of the Grain-Size Sediment Composition of the Anapa Bay-Bar

V. V. Krylenko, A. D. Kochergin, M. V. Krylenko

The methods and results of investigation of the Anapa bay-bar grain-size composition. It is detected that there are some sites along the Anapa bay-bar which significantly are allocated on grain-size composition of deposits. It is established that alongshore variability of bottom deposits is less expressed, than it on the beach and the picture of alongshore distribution of grain-size composition reflects local distinctions of the hydrolithodynamical conditions of the separate sites of the bay-bar. These data are important for the understanding of lithodynamical processes and evolution of the bay-bar geosystem.