

ПРИМЕНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ГНСС LEICA GEOSYSTEMS В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ*

В.В. Крыленко (Южное отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН)

В 1996 г. окончил географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова по специальности «картограф-географ». После окончания университета работает в Южном отделении Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Геленджик), в настоящее время — старший научный сотрудник. Кандидат географических наук.

Исследование аккумулятивных береговых форм Черного моря

Анапская пересыпь — это аккумулятивное песчаное тело протяженностью около 47 км, расположенное в северо-западной части российского побережья Черного моря. Пересыпь простирается узкой полосой (ширина от 80 м в северной части до 1,5 км в южной) от оз. Соленое до м. Анапский, отделяя от Черного моря систему лиманов и озер. Характерной особенностью Анапской пересыпи является наличие на ней развитых эоловых аккумулятивных форм (дюн). В продольном строении всей Анапской пересыпи прослеживаются две основные зоны: пляж и зона дюн. Далее от моря, в зависимости от участка, следует либо отмерший клиф, либо зона бугристых песков в тыльной части дюнного пояса, либо берег лимана. Вся пересыпь, особенно ее южная часть (от Витязевского лимана до города-курорта Анапы) с песчаными пляжами шириной 50–200 м, активно используется в рекреационных целях.

Анапская пересыпь — очень динамичный природный объ-

ект, состояние которого зависит от большого количества природных и антропогенных факторов. Изменение каждого из них сказывается на динамике ландшафтно-геоморфологического облика всей пересыпи. В последние десятилетия наблюдается отступление береговой линии пересыпи со скоростью до 1,2 м в год. Поскольку на определенном этапе такое отступление несет риск существенной перестройки природных и хозяйственных комплексов, изучение современного состояния и тенденций изменения геосистемы пересыпи является важной и актуальной задачей.

В 2012–2013 гг. сотрудниками Южного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова (ЮО ИО) РАН на Анапской пересыпи были проведены комплексные экспедиционные исследования. Целью работ являлось изучение рельефа и морфологии пересыпи (включая зону приобья, пляж, дюнный пояс), оценка их динамики и устойчивости к изменениям внешних условий.

Поскольку изучаемый участок берега не имеет выраженных ориентиров, при подготов-

ке экспедиционных работ были выбраны условные точки, расположенные на линии уреза моря через 1 км друг от друга (рис. 1). Они закрепляли начало поперечных профилей, направление которых выбиралось перпендикулярно береговой линии. По этим профилям проводились как маршрутные наблюдения, так и иные исследования (гранулометрического состава, эоловых процессов, геоботанические и т. п.). Фиксировались характеристики форм рельефа, состав и состояние отложений на территории пляжа, а также растительный покров. Уделялось внимание фактам и последствиям антропогенного воздействия на морфосистему пересыпи.

При исследованиях для геодезических измерений использовалось оборудование ГНСС компании Leica Geosystems. Оно включало два двухчастотных приемных устройства — Leica GS 10 и Leica GS 15, работающих с сигналами навигационных спутников GPS на частотах L1 и L2 и ГЛОНАСС на частотах L1 и L2, оснащенных антеннами AS 10 и полевыми контроллерами Leica CS 10 для управления режимами и парамет-

* Приобретение комплекта оборудования фирмы Leica Geosystems и проведение экспедиционных работ было осуществлено при финансовой поддержке РФФИ.

рами измерений. Это оборудование позволяло проводить независимые кодовые и фазовые измерения по всем частотам. Функционирование аппаратных средств поддерживалось программным обеспечением Leica Smart Worx Viva. Спутниковые приемники были снабжены внутренними аккумуляторами, которые обеспечивали до 16 часов непрерывной работы.

Исходя из условий и задач геодезических измерений, аппаратурно-программная конфигурация комплекса соответствовала режиму кинематики реального времени (RTK), что позволяло проводить непрерывные измерения, обеспечивая среднее квадратическое отклонение (СКО) определения координат в плане — $10 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$, высоты — $20 \text{ мм} + 1 \text{ ppm}$, где ppm (parts per million) имеет размерность в мм и равно значению расстояния до базовой станции, выраженное в км. В качестве базовой станции (RTK-базы) было задействовано приемное устройство GS 10 с антенной AS 10, установленное стационарно в лагере экспедиции. Максимальное расстояние от базовой станции до подвижного приемника во время съемки составляло около 20 км, а передача дифференциальных поправок осуществлялась с помощью мобильного телефона. Автоматический дозвон до приемного устройства базовой станции поддерживался определенной настройкой программного обеспечения.

Геодезическая съемка местности в режиме RTK проводилась следующим образом. С помощью полевого контроллера CS 10 оператор устанавливал необходимые параметры приемного устройства базовой станции. Подвижный приемник и его контроллер настраивались на режим RTK в полевых условиях непосредственно пе-

ред началом измерений в автоматическом режиме с заданными параметрами. С вводом команды «старт» оператор начинал движение на участке съемки и завершал ее вводом команды «стоп». После выполнения полевых измерений полученная информация из внутренней памяти контроллера переносилась на внешние носители и использовалась для последующей обработки.

В связи с ограниченными сроками проведения полевых работ (как это бывает достаточно часто), чтобы выполнить измерения на всей территории Анапской пересыпи, требовалось максимально ускорить процесс съемки. Этого можно было достичь только за счет облегчения пеших переходов оператора во время съемки. Было разработано и изготовлено приспособление, позволившее разместить приемное устройство GS 15 с антенной за плечами оператора. Для оценки погрешности измерения высоты, вызванной неравномерностью движения оператора, были проведены контрольные измерения на участке с ровной поверхностью длиной 500 м. Отклонения измеренных значений высот не превысили 10 см,

что было допустимо, исходя из особенностей морфологического строения объекта исследования — Анапской пересыпи (сочетающей практически плоские участки пляжей и дюны со сложным рельефом): автоматический отсчет координат проводился при смещении прибора на 2 м в плане или при относительном изменении его высотного положения на 20 см.

Основной целью исследований являлось выявление изменчивости поперечного морфологического профиля пересыпи на всем ее протяжении, поэтому съемка выполнялась на участках, наиболее характерных для данного отрезка. По возможности, поперечные профили выбирались максимально близко к опорному профилю. Это позволит при последующем анализе определить возможное влияние рельефа на особенности распределения прочих характеристик геосистемы пересыпи, измеряемых также на опорных профилях.

В силу природных и технологических причин различные участки пересыпи существенно отличаются как размерами отдельных морфологических элементов, так и составом. На каждом исследуемом участке поло-



Рис. 1

Поперечные профили и линия уреза моря на участке между опорными профилями 36 и 37 (Бугазская пересыпь)

жение поперечных профилей выбиралось с учетом рельефа, растительности и застройки. В связи с этим расстояние между профилями и их длина на отдельных участках отличались. На узких участках пересыпи (Бугазская пересыпь) профиль завершался на урезе лимана. В остальных случаях он заканчивался за дюнным поясом, когда начиналась относительно ровная поверхность. При наличии клифа, густой растительности или застройки профиль завершался при невозможности дальнейшего движения. Длина отдельных профилей варьировалась от 15 до 400 м. В случае, если на коротком участке пересыпи наблюдался существенно различный рельеф (например, при наличии естественного и антропогенно нарушенного участков дюн), поперечные профили проводились через каждый из этих вариантов рельефа. При анализе антропогенного влияния это позволяет оценить изменение устойчивости дюны к воздействию внешних факторов (волн, эоловых процессов). Измерения на поперечных профилях сопровождалось фотографированием прилегающей местности, что в последующем поможет проанализировать особенности рельефа в сочетании с анализом особенностей растительного покрова, наличием на поверхности пляжа естественного и антропогенного мусора, составом и плотностью ракуши, состоянием прилегающих участков пересыпи.

Полученные результаты. Проведено профилирование основных морфологических зон пляжа и дюнного пояса по всей Анапской пересыпи. На ключевых участках измерено плановое положение линии уреза поверхности моря на день съемки. Протяженность поперечных профилей и линии уреза моря, на которых выпол-

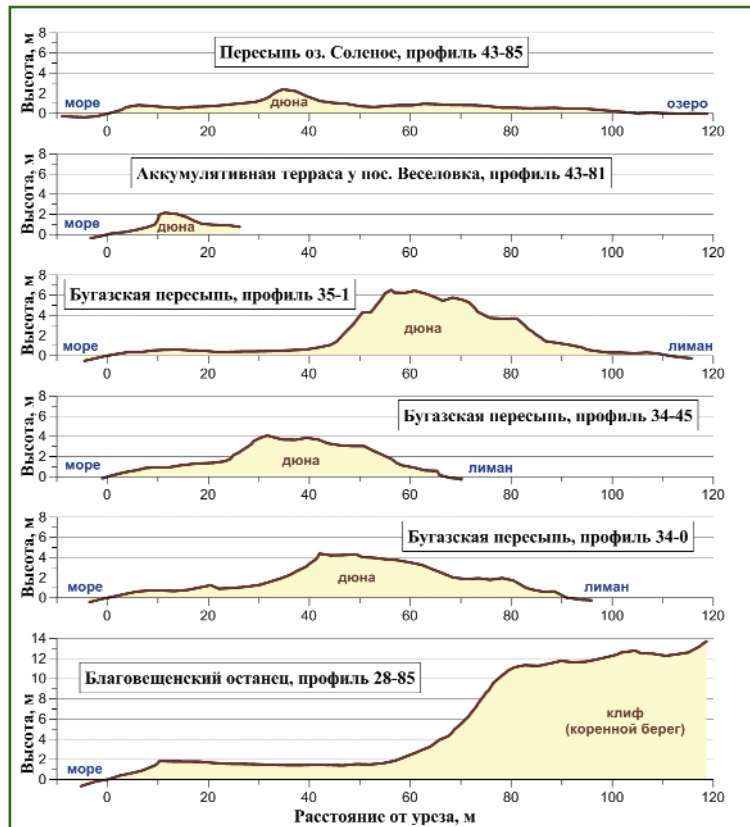


Рис. 2

Характерные поперечные профили рельефа северо-западной части Анапской пересыпи

нены измерения плановых координат и высот, составила 55 км, а плотность поперечных профилей вдоль пересыпи — не менее 1 профиля на 500 м. Следует отметить, что на проведение подобных работ традиционными геодезическими методами потребовалось бы гораздо больше времени.

На рис. 2 показаны примеры поперечных профилей, характерных для северо-западной части Анапской пересыпи (пляжа, дюнного пояса, берега лимана) и в их строении. На некоторых профилях присутствуют следы волнового разрушения морского края авандюны. Полученные данные в сочетании с проведенной батиметрической съемкой позволят выполнить анализ законо-

мерности формирования поперечного профиля подводного склона (с системой подводных валов), пляжа и дюн в зависимости от гидродинамических условий на данном участке пересыпи.

▼ Изучение последствий экстремальных природных явлений

6–7 июля 2012 г. на территории Краснодарского края прошли ливневые дожди экстремальной силы. Выпадение менее чем за сутки почти полугодичного количества осадков вызвало катастрофический подъем вод в реках и малых водотоках. В результате ливня произошел залповый вынос жидкого и твердого стока в береговую зону Черного моря, непосредственно на морском берегу были отмечены массовые оползни и обвалы. В короткий срок на берегу моря появился

обломочный материал в объеме, сравнимом с поступающим за несколько лет в «обычных» условиях. Данное природное явление оказало влияние на динамику наносов, что, в свою очередь, повлияло на устойчивость берегов к воздействию волн.

В целях оперативной оценки воздействия экстремального ливня и вызванного им паводка на литодинамическую обстановку участка побережья Геленджикского района были проведены исследования образовавшихся аккумулятивных форм. В натуральных условиях определялся их объем и скорость трансформации. Эти исследования проводятся с лета 2012 г. по настоящее время сотрудниками ЮО ИО РАН. В первую очередь были изучены появившиеся после экстремального ливня аккумулятивные формы на открытом берегу моря (поскольку они подвержены наиболее быстрой трансформации). Отдельно исследовалась аккумулятивная форма, образовавшаяся в бухте Рыбацкой (Голубой), в устье реки Ашамба (г. Геленджик).

Для съемки использовалось оборудование ГНСС компании Leica Geosystems, описанное выше. В качестве базовой станции было задействовано приемное устройство GS 10 с антенной AS 10, установленное стационарно на реперной точке, расположенной на территории ЮО ИО РАН. Связь между RTK-базой и подвижным приемным устройством GS 15 осуществлялась с помощью мобильного телефона.

В связи с тем, что требовалось максимально уменьшить сроки проведения полевых работ, для приемного устройства GS 15, как и при исследовании аккумулятивных береговых форм Черного моря, вместо штатной вешки использовалось приспособление, позволяющее

разместить приемное устройство и антенну за плечами оператора.

Поскольку основной целью работ являлось определение линейных размеров и объема образовавшихся обвальнопользневых и аккумулятивных форм и построение их цифровой модели, оператор перемещался поперечными «галсами», частота которых варьировала в зависимости от изменчивости рельефа. Продвижение оператора в море ограничивалось глубиной. При необходимости результаты измерений спутниковой аппаратурой дополнялись батиметрической съемкой с плавсредств с применением высокоточного эхолота.

Полученные результаты.

Объем наносов, образовавшихся в ходе оползней и обвалов непосредственно на клифе, существенно зависел от геологического строения берега. Всего на участке от мыса Дооб до бухты Рыбацкой (Голубой) отмечено 25 обвалов, из них 15 — объемом более 100 м³. Указанные наносы в течение нескольких месяцев были вовлечены во вдольбереговое перемещение наносов и не сформировали значительных аккумулятивных форм.

Объем аккумулятивных тел, сформированных обломочным

материалом, вынесенным паводком на малых (временных) водотоках, определялся размерами водосборной площади. Ориентировочно из каждой долины (длиной более 2 км) поступило 1–2 тыс. м³ твердого материала. Практически весь этот материал остался вблизи устьев водотоков (расположенных в небольших бухтах), в результате чего средняя ширина пляжей на данных участках увеличилась на 5–10 м.

В устье р. Ашамба образовался обширный конус выноса, включающий надводную и подводную части. Подводная часть имеет языковидную форму (вытянутую вдоль направления речной струи во время паводка) и прослеживается более чем на 100 м от уреза. Подошва конуса расположена на глубине более 5 м, его относительно плоская поверхность имеет возвышение относительно дна до 2,5 м. Общий объем конуса составил 8–10 тыс. м³. Надводная часть конуса выноса формировалась и видоизменялась под действием штормов. Первоначально она представляла собой галечный островок, опирающийся на «каркас» из стволов крупных деревьев, вынесенных рекой. Спустя два месяца с правой стороны от устья сформировалась галечная коса

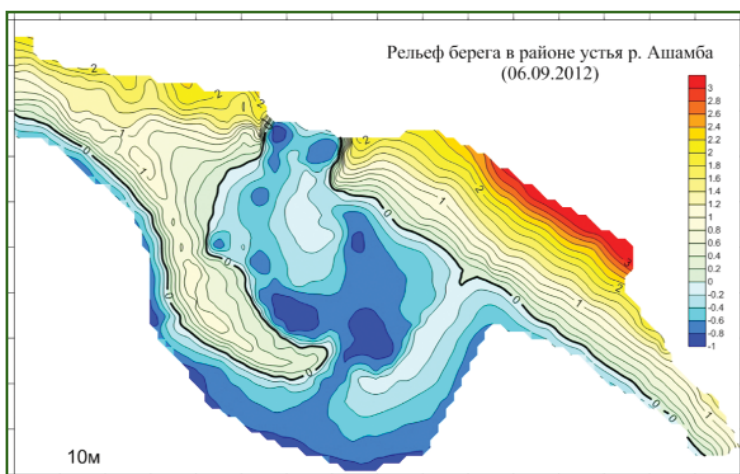


Рис. 3
Аккумулятивная форма в устье р. Ашамба

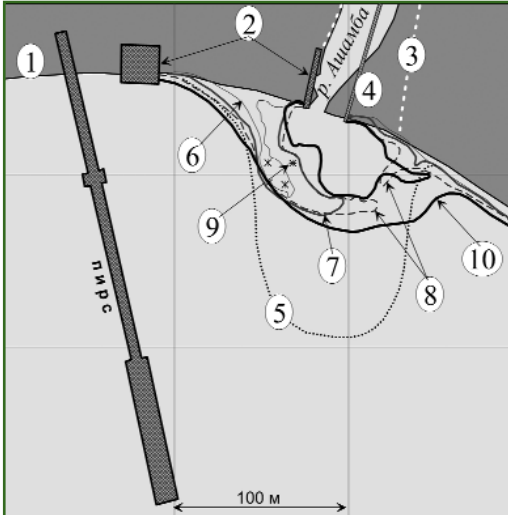


Рис. 4
 Схема трансформации конуса выноса в устье р. Ашамба

длинной около 60 м и высотой гребня более метра над уровнем моря, как видно на рис. 3.

В течение зимнего сезона, под действием штормов, коса примкнула к выступу берега, левее устья, образовав полукруглый бар, который посте-

пенно смещался к берегу. К февралю 2013 г. указанная аккумулятивная форма окончательно примкнула к берегу, в результате чего ширина пляжа по сравнению с допаводковым положением увеличилась на 5–15 м. Ход трансформации аккумулятивной формы показан на рис. 4:

- положение уреза до 06.07.2012 г. (1);
- железобетонные волнорезы (2);
- границы речной струи при паводке 06.07.2012 г. (3);
- подпорная стена, сооруженная после паводка (4);
- контур подошвы конуса выноса (5);
- линия уреза моря на 18.08.2012 г. (6);
- линия уреза моря на 6.09.2012 г. (7);
- линия уреза моря на 21.10.2012 г. (8);
- вынесенные паводком крупные деревья (9);

— линия уреза моря на 02.11.2012 г. (10).

Опыт полевых исследований, проводимых в Южном отделении Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, показал, что применение оборудования ГНСС компании Leica Geosystems позволяет в сжатые сроки провести большой объем измерений на значительных по площади территориях и получить ценные научные данные.

RESUME

An experience and results of using a set of two-frequency satellite receivers Leica GS 10 and Leica GS 15 for real time geodetic surveys in the study of coastal accumulative forms of the Black Sea and the study of the effects of extreme natural events on the coastline of Gelendzhik region are described. The reliability of satellite equipment together with the ability to fulfill a large amount of measurements and obtain valuable scientific data in a short time are marked.

Навигационно-Геодезический центр

Официальный дистрибьютор компании Leica Geosystems в Украине

Компания НГЦ предоставляет широкий спектр современного оборудования

- геодезическое оборудование
- GPS базовые станции и сети
- наземные лазерные сканеры
- строительное оборудование
- системы структурного мониторинга

Единственный авторизованный сервисный центр в Украине



Представляет журнал «Геопрофи» в Украине



Сайт: www.ngc.com.ua
 Почта: ngc@ngc.com.ua
 Тел./факс: +38 057 345-12-37



- when it has to be right

