

УДК 551.4.01 (551.351)

В. П. Бобыкина

К МЕТОДИКЕ НАЗЕМНОГО МОНИТОРИНГА БЕРЕГОВ

87

Методика наземного мониторинга берегов включает комплекс работ на локальных участках с привязкой к сети реперов. Наибольший объем информации предоставляют данные нивелировок береговых поперечников. Совмещение ряда разновременных профилей позволяет получить количественные характеристики скорости и направленности береговых процессов на конкретном морфодинамическом участке за конкретный временной интервал. Важен обоснованный выбор маркера – элемента рельефа, изменение положения которого позволяет получить величину деформаций берега в целом или его отдельных форм. Выбор маркера зависит от цели исследования. Недостатком данного метода является локальный характер работ, преимуществами – точность, объективность, сравнимость.

The method of ground shores monitoring includes a set of activities on local sites with reference to a network of reference benchmarks. The greatest amount of information is given by the data of the transverse shore leveling. The combination of a number of different profiles allows one to obtain speed and direction quantitative characteristics of the coastal processes at a particular morphodynamic site over a specific time interval. It is important to have a reasonable choice of a marker, i. e. an element of the relief, the change in position of which makes it possible to obtain the magnitude of deformations of the shore as a whole or its individual forms. The choice of marker depends on the purpose of the study. The disadvantage of this method is the local nature of the works while its accuracy, objectivity and comparability create a certain advantage.

Ключевые слова: наземный мониторинг берегов, методика геоморфологических исследований, динамика берега, береговые процессы, Калининградская область.

Keywords: ground shore monitoring, geomorphological research methods, coast dynamics, coastal processes, Kaliningrad region.

Введение

Существуют научные и практические задачи изучения и освоения берегов, которые требуют постановки постоянного наблюдения за их состоянием и развитием, в том числе получения количественных характеристик литодинамических процессов, то есть постановки берегового мониторинга. Интенсивное освоение берегов Калининградской области, стремительное увеличение антропогенной нагрузки [1; 2; 4; 7; 9],



усиление штормовой активности [13], положительный тренд поднятия уровня моря юго-восточной Балтики [10; 22] подтверждают актуальность проведения такого рода исследований.

Фрагментарные наблюдения за динамикой берегов велись в Восточной Пруссии еще с XIX в. [14; 18; 21; 23–25 и др.] и давали представление о скоростях размыва отдельных участков в основном Самбийского полуострова. Часть этих данных обобщена в работе [6]. Дальнейшие работы в этом направлении в силу исторических причин возобновились лишь во второй половине прошлого века [11; 12 и др.] и также территориально были сосредоточены на Самбийском полуострове. Однако во всех исследованиях, где излагались результаты наблюдений за динамикой берега, не затрагивался вопрос о методике их получения.

Мониторинг берегов всей Калининградской области был поставлен Атлантическим отделением Института океанологии РАН и ведется с 2002 г. (на Куршской косе — с 2003 г.). Большой вклад в его организацию и становление внес В.Л. Болдырев. Потребовалась разработка комплексной методики [3; 8], которая в дальнейшем была использована при совместных с Гданьским университетом синхронных работах в береговой зоне Вислинской косы, что оказалось весьма важным для сравнимости и совместной интерпретации полученных данных [19].

При кажущейся простоте методики в процессе работ обозначались спорные моменты, особенно в обработке и анализе информации, которые в конечном счете определяют сравнимость получаемых результатов разными исследователями.

Цель нашей статьи — дать представление о методике наземного мониторинга размываемых и дюнных берегов, а также проанализировать спорные подходы к интерпретации полученных данных.

Методика работ

Методика наземного мониторинга включает комплекс количественных и качественных методов сбора данных (геодезический, литологический, фотографический, визуальных описаний, куда входит фиксация прибрежных процессов и особенностей морфологии берега в момент наблюдений), позволяющий получить разностороннюю, взаимодополняющую информацию о состоянии данного участка берега на момент наблюдения.

Первым этапом постановки берегового мониторинга является *создание сети реперов*, к которым в дальнейшем привязываются все виды работ. Репера должны располагаться на характерных морфодинамических участках, а число их зависит от цели и задач мониторинга.

Такая сеть из 70 реперов на морском и лагунном берегах была создана под руководством В.Л. Болдырева. Из них 13 разместились на морском берегу Куршской косы и 26 — Вислинской (в том числе 16 на 5-километровом устойчиво размываемом участке к югу от Балтийского пролива в районе пос. Коса). Еще 13 реперов на Вислинской косе были заложены со стороны залива. Остальные расположены на Самбийском полуострове. Все репера имеют координатную привязку.



Надо отметить, что по разным причинам (прежде всего человеческий фактор) часть реперов была утрачена. Поэтому помимо искусственно заложенных реперов в этом качестве использовались и природные объекты.

Геодезические методы. Основным видом работ, дающим количественную информацию о величинах и направленности береговых процессов, является *тригонометрическое нивелирование* береговых поперечников. Оно выполнялось сначала высокоточным теодолитом марки ЗТ5КП, а с 2010 по 2012 г. — с использованием системы геодезических GPS-приемников Trimble. С 2013 г. работы ведутся электронным тахеометром. С целью повышения качества измерений желательнее выполнять нивелировки одним и тем же прибором. Поскольку все приборы высокоточные, полученные материалы кондиционны для сравнения.

Нивелирование проводится поперек берега от уреза через пляж, эоловый надув (эоловую подушку), береговой откос и поверхность авантюны или серию молодых авантюн с привязкой к реперу. При этом на профиле обязательно фиксируется ряд следующих элементов рельефа: бровка или перегиб авантюны, вершина или бровка зачаточной (молодой) авантюны, верхняя граница эолового надува (подушки), нижняя граница эолового надува (терминология по [17]), береговой вал, урез, подводная граница бермы пляжа и, по возможности, верхняя часть подводного склона до глубины 1–1,5 м.

Обработка полученных данных и построение профилей выполняется в программе Excel. При совмещении профилей за «0» принимается положение репера, а не уреза, так как положение последнего может меняться в пределах до нескольких десятков метров, что отражено ниже на рисунках 1 и 2.

Анализ наложенных профилей разных лет съемок позволяет количественно определить деформации отдельных элементов и берега в целом.

При анализе разновременных совмещенных береговых поперечников очень важно, в зависимости от поставленной задачи и для правильной интерпретации полученных данных, выбрать *маркер* — элемент рельефа, временное изменение положения которого будет давать количественную характеристику динамики за определенный период времени.

На размываемых берегах Самбийского полуострова и кос со стороны заливов таким маркером является хорошо выраженная верхняя бровка уступа размыва. Здесь измерения достаточно выполнять мерной лентой — от репера до бровки. На дюнных берегах выполняется нивелировка береговых поперечников.

Пример совмещенных профилей для получения количественных характеристик рецессии берега на одном из размываемых морфодинамических участков приведен на рисунке 1. Видно, что за 10 лет берег отступил на 7 м. Маркером была выбрана бровка уступа размыва.

На аккумулятивных донных берегах выбор элемента рельефа в качестве маркера оказался не столь очевиден. Исходя из опыта работ, в качестве такового был выбран хорошо выраженный перегиб верхней части склона основной или молодой авантюны. На рисунке 2 видно, что за 5 лет у морского склона авантюны сформировались две генерации приклоненных зачаточных авантюн. Маркерами стали их вершины (точки перегиба), расположенные на расстоянии 18 и 23,5 м от репера.

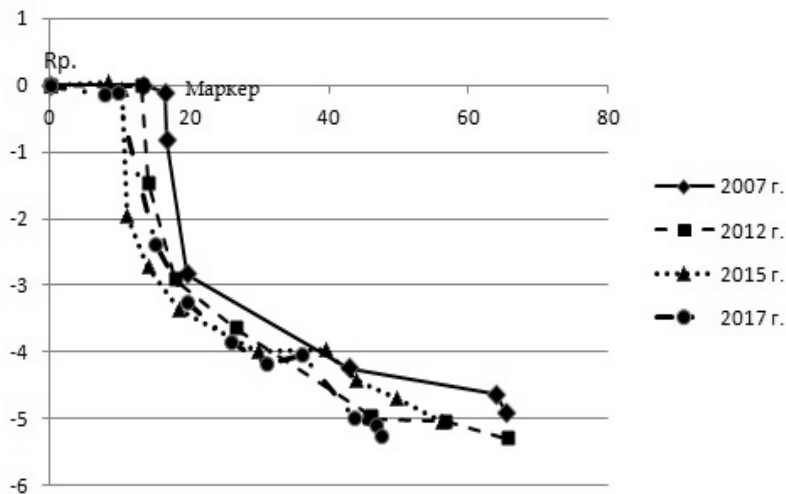


Рис. 1. Участок размыва в южной части Куршской косы в динамике за 2007 – 2017 гг.

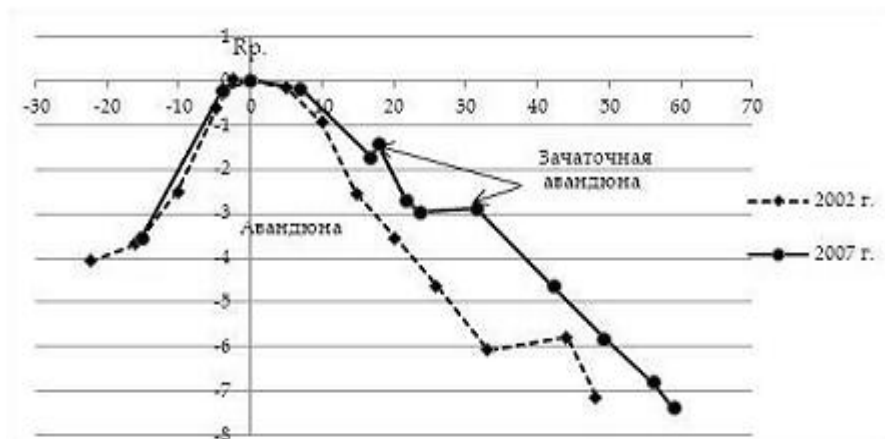


Рис. 2. Аккумулятивный участок донного берега, 2002 – 2007 гг.

Нередко в качестве маркера на размываемых и дюнных берегах берут основание уступа размыва или склона авантюны (молодой авантюны), особенно когда для мониторинга используются дистанционные методы. Но основание уступа размыва перекрыто рыхлым материалом, скапливающимся у основания за счет разного рода склоновых процессов, а на дюнных берегах, как правило, оно перекрыто золотым надувом [20].



Ширина полосы накоплений, перекрывающих подножье уступа размыва или авантюны, исчисляется в пределах первого десятка метров. И выбор точки-маркера в пределах этой полосы весьма произвольный. Сравнение результатов динамики одного и того же участка берега с использованием разных маркеров показало значительное расхождение не только в величине, но и в направленности берегового процесса.

Выбор маркеров при наземном мониторинге зависит прежде всего от целей и задач исследований.

Важным видом работ является **литологическая съемка**. На всех мониторинговых береговых поперечниках отбирается среднепляжевая проба с поверхности пляжа начиная от уреза и до верхней части пляжа на границе с эоловой подушкой. Цель такого отбора — проследить наличие или отсутствие тенденции к изменению состава наносов по периметру берега. При этом отбор с поверхности эоловой подушки выполняется отдельно, поскольку эта форма сложена чисто эоловым материалом.

В камеральных условиях согласно существующим методикам проводится гранулометрический анализ проб путем просеивания через стандартный набор сит. По данным анализа определяется ряд характеристик, таких как медианный диаметр (Md), коэффициент сортировки (So) и др.

Также используется метод **фотомониторинга**. На каждом стационарном профиле проводится фотографирование по специально разработанной схеме: с определенных морфологических элементов берега и под определенным ракурсом, что позволяет получить сравнительный визуальный ряд изменения морфологии берега и его элементов [8].

Выводы

В настоящее время предпочтение стало отдаваться дистанционным методам исследования динамики берегов. Тем не менее наземный мониторинг имеет ряд неоспоримых преимуществ, прежде всего в силу того, что оперативно предоставляет достоверные, объективные данные (в том числе количественные) о морфолитодинамике отдельных участков берега по всему периметру Калининградской области.

Обобщение материалов позволило составить представление об особенностях морфологии берегов, выявить тенденцию развития береговых процессов, получить данные о штормовой литодинамике, объемах перерабатываемой толщи наносов, особенностях послештормового восстановления берега [5; 15; 16 и др.].

К недостаткам метода следует отнести точечный характер наблюдений, но его в какой-то мере можно компенсировать путем экстраполяции полученных данных на весь морфодинамический участок берега. Более того, аппроксимация может быть распространена на другие, аналогичные морфодинамические участки берега.

Настоящая работа выполнена в рамках государственного задания (тема № 0149-2018-0012).

Список литературы

1. Басс О.В., Жиндарев Л.А. Техногенез в береговой зоне песчаных побережий внутренних морей (Ст. 1. Воздействие горнотехнической деятельности на морфолитодинамику береговой зоны юго-восточной Балтики) // Геоморфология. 2007. №3. С. 17–24.
2. Бобыкина В.П. Антропогенный фактор в морфологии и динамике берегов Балтийской (Вислинской) косы // Матер. Второй междунар. науч.-практ. конф. «Водные биоресурсы, аквакультура и экология водоемов» (Калининград, 15–17 октября 2014 г.). Калининград, 2014. С. 174–176.
3. Бобыкина В.П., Болдырев В.Л. Методика мониторинга берегов Калининградской области // Проблемы управления и устойчивого развития прибрежной зоны моря : матер. XXII междунар. конф. Геленджик, 2007. С. 52.
4. Бобыкина В.П., Карманов К.В. Динамика берегов вершины Гданьского залива и связь с антропогенным воздействием // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ : тр. междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водоемов» (Новосибирск, 20–25 июля 2009 г.). Новосибирск, 2009. С. 119–124.
5. Бобыкина В.П., Карманов К.В. Особенности послештормовой литодинамики берегов Юго-Восточной Балтики (на примере морского берега Куршской косы) // Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ : тр. Третьей междунар. конф. «Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов» (Иркутск, 29 июля – 3 августа 2013 г.). Иркутск, 2013. С. 49–53.
6. Болдырев В.Л., Лащенков В.М., Рябкова О.И. Эволюция западного побережья Калининградской области при интенсивном антропогенном воздействии // Эволюция берегов в условиях поднятия уровня океана. М., 1992. С. 212–225.
7. Болдырев В.Л., Рябкова О.И. Динамика береговых процессов на Калининградском побережье Балтийского моря // Известия Русского географического общества. 2001. Т. 133, вып. 5. С. 41–49.
8. Бурнашев Е.М., Болдырев В.Л., Бобыкина В.П. Фотомониторинг как наглядный показатель динамики прибрежной зоны на примере берегов Калининградской области // Динамика прибрежной зоны бесприливных морей : матер. междунар. конф. (Балтийск, 30 июня – 5 июля 2008 г.). Калининград, 2008. С. 39–41.
9. Волкова И.И., Рябкова О.И. Влияние природных и антропогенных факторов на донные ландшафты побережья юго-восточной Балтики // Человечество и береговая зона Мирового океана в XXI веке. М., 2001. С. 429–438.
10. Навроцкая С.Е., Стонт Ж.И. Региональные особенности изменчивости гидрометеорологических условий у побережья юго-восточной Балтики (Калининградская область) // Известия Русского географического общества. 2014. Т. 146, №3. С. 54–64.
11. Рябкова О.И. Источники поступления наносов в береговую зону Калининградского побережья Балтики. М., 1982. 11 с. Деп. в ВИНТИ 03.06.82, №2768.
12. Рябкова О.И. Динамика берегов Самбийского полуострова и Куршской косы в связи с проблемами берегозащиты : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1987.
13. Стонт Ж.И. Современные тенденции изменчивости гидрометеорологических параметров в юго-восточной части Балтийского моря и их отражение на прибрежных процессах : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Калининград, 2014.



14. Arbomeit J., Bock P., Jentsch A. Handbuch des deutschen Dünnenbaues. Berlin, 1900.
15. Bobykina V., Karmanov K., Chubarenko B. Morphodynamics of the shores of the Vistula Spit (the Baltic sea) in a period of 2002–2015 by results of in-situ measurements // Managing risks to coastal regions and communities in a changing world : Proc. Intern. conf. EMECS'11-SeaCoasts XXVI (Saint-Petersburg, 22–27 August, 2016). Saint-Petersburg, 2016. doi: 10.21610/conferencearticle_58b4315ec153d.
16. Bobykina V.P., Stont Zh. I. Winter Storm Activity in 2011–2012 and Its Consequences for the Southeastern Baltic Coast // Water Resources. 2015. Vol. 42, № 3. P. 371–377.
17. Boldyrev V., Bobykina V. The Coasts of the Vistula and Curonian Spits As Transboundary Territory // Transboundary waters and basins in the South-Eastern Baltic / ed. B.V. Chubarenko. Kalininhrad, 2008. P. 226–238.
18. Brükman R. Beobachtungen über Strand verschiebungen an der Küste des Semlands. 11 Brüsterort, 111 Palmnicken // Schr. der Physik-ökonom. Ges. zu Königsberg. Jg. LIV. Leipzig ; Berlin, 1913. S. 119–144.
19. Kobelyanskaya J., Bobykina V.P., Piekarek-Jankowska H. Morphological and lithodynamic conditions in the marine coastal zone of the Vistula Spit (Gulf of Gdansk, Baltic Sea) // Oceanologia. 2011. № 53 (4). P. 1–17.
20. Łabuz T.A., Grunewald R., Bobykina V. et al. Coastal dunes of the Baltic Sea shores: a review // Quaestiones Geographicae. 2018. Vol. 37, iss. 1. P. 47–71.
21. Mortensen H. Die Morphologic der Samlandische Steil // Kuste aut agrund einer phisko-morphlogischen Kartierung des Gebietes. H. 3. Hamburg, 1921.
22. Navrotskaya S., Chubarenko B. Long-term variability of mean annual sea level at the eastern Baltic coast // 2014 IEEE/OES Baltic International Symposium (BALTIC). Tallinn, 2014. P. 1–4. doi: 10.1109/BALTIC.2014.6887885.
23. Petersen M. Abbruch and Schutz der Steiluter an der Ostseeküste (Samland dis Schleswing-Holstein) // Die Küste. 1952. № 1/2. S. 100–152.
24. Torngust A. Die Wirkung der Sturmflüt von 9 bis 10 Januar 1914 auf Samland und Nehrung // Schr. der Physik-ökonom. Ges. zu Königsberg. Leipzig ; Berlin, 1914.
25. Zaddach E. Das Tertiargebirge Samlands // Schr. der Physik-ökonom. Ges. zu Königsberg. Jg. VIII. 1867.

Об авторе

Валентина Петровна Бобыкина – канд. геогр. наук, доц., ст. науч. сотр.,
Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Россия.
E-mail: bobykina@mail.ru

The author

Dr Valentina P. Bobykina, Associate Professor, Senior Researcher, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Russia.
E-mail: bobykina@mail.ru