МОНИТОРИНГ БЕРЕГОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ МЕЖДУ ТУАПСЕ И АДЛЕРОМ

Ю.А. Шелушин^{1,2}, В.А. Петров¹

¹ НИЦ «Морские берега» (филиал АО ЦНИИС), г. Сочи

² Сочинский Государственный Университет (СГУ)

9117875@mail.ru

Аннотация. Интенсивное освоение и использование побережья между Туапсе и Адлером предопределило влияние антропогенного фактора, наравне с естественными природными процессами. Для принятия обоснованных и эффективных решений по использованию прибрежной зоны необходима достоверная оценка влияния проводимых мероприятий, в том числе и возведенных сооружений на береговые процессы, полученная в течение длительного промежутка времени и при разных природных условиях. Получение такой информации возможно при организации мониторинга, проводимого по определенной программе.

Необходимость проведения мониторинга за пляжами Черноморского побережья Краснодарского края на участке берега между Туапсе и Адлером, которые выполняют не только рекреационные, но и берегозащитные функции, определяется неуклонным, начиная с 1914 г., сокращением их ширины. Такие данные могут являться основой для оценки направленности развития литодинамических процессов, протекающих на рассматриваемом участке берега, знание которых необходимо для назначения эффективных берегозащитных мероприятий. Приводится методика обработки данных мониторинга по изменению ширины пляжей, позволяющая оценить направленность литодинамических процессов, протекающих на рассматриваемом участке побережья. Основой метода является составление сводной таблицы, включающей параметры пляжей на протяжённом участке берега. Исходными данными для составления сводной таблицы служат километровые схемы побережья, которые составляются на основе полевых данных. Таблицы параметров пляжей составляются для разных лет, что позволяет наглядно проследить изменение ширины пляжей и выявить направленность береговых процессов. Такие сведения позволяют принимать наиболее эффективные решения при разработке мероприятий по инженерной защите берегов. Показывается необходимость использования программных комплексов AutoCad и Excel при обработке больших массивов данных получаемых при обследовании прибрежных территорий.

Ключевые слова: Литодинамика, мониторинг, устойчивость пляжа, пляжеобразующий материал, вдольбереговой поток наносов.

Участок Черноморского побережья между Туапсе и Адлером, как никто другой, испытывает усиленную антропогенную нагрузку. В его пределах возведено три морских порта и парусный центр. Вдоль всего побережья в непосредственной близости от моря проложено полотно железной дороги. Интенсивно развивается рекреационное направление использования этого участка берега. К сожалению, состояние галечных пляжей, выполняющих как берегозащитные, так и рекреационные функции, неуклонно ухудшается, что связано как с продолжающейся выборкой пляжного материала с русел рек, так и недостаточно эффективным проведением берегозащитных мероприятий.

Для принятия обоснованных и эффективных решений по защите прибрежной зоны от воздействия волн, которые должны проводиться в пределах литодинамической системы, необходимы данные о состоянии (ширине) пляжа, волновом режиме, геологии, особенностях подводного рельефа, параметрах вдольберегового потока наносов и т. д. Такие данные при назначении берегозащитных мероприятий дают возможность в достаточной степени учесть

процессы, протекающие на исследуемом участке, что в свою очередь позволяет принимать наиболее эффективные решения по инженерной защите, которые обеспечат создание и сохранение необходимой полосы галечного пляжа.

Ширина пляжа, литодинамические процессы, протекающие на рассматриваемом участке берега, включая и параметры вдольберегового потока наносов – это комплексные данные, которые нельзя получить с помощью простого единовременного обследования определенного участка. Для оценки литодинамических процессов, протекающих на конкретном участке берега, требуется оценка состояния береговой полосы в пределах всей литодинамической системы, чья протяженность может во много раз превышать длину исследуемого участка. Например, чтобы понять причину отсутствия пляжа в одном конкретном межбунном отсеке, нужно изучить вдольбереговой поток наносов на довольно большом протяжении, и оценить влияние на изменение его величины прилегающих водотоков, а также влияние на поток наносов возведённых берегозащитных сооружений. Для оценки направленности

береговых процессов недостаточно единовременного обследования береговой полосы, а требуется привлечение архива данных за большой промежуток времени, который позволит отследить изменения состояния берега во времени, выявить направленность их развития, а также учесть влияние разнообразных факторов на состояние пляжной полосы.

Все это свидетельствует о необходимости проведения в пределах всей литодинамической системы комплексного мониторинга за состоянием береговой полосы и возведённых гидротехнических сооружений.

Большой объём данных по состоянию пляжной полосы между Туапсе и Адлером собран Научно-исследовательским центром «Морские берега», ранее именуемым как Черноморское отделение морских берегозащитных сооружений. Созданная в 1945 г. как опытно-исследовательская гидрологическая станция, она переросла в крупную научно-исследовательскую организацию, являющуюся головной в области защиты морских берегов ранее в пределах СССР, а ныне на территории России. Первоначально основной задачей организации являлся контроль за состоянием береговой полосы Черноморского побережья вдоль линии железнодорожного полотна и разработка решений по инженерной защите берегов от волнового воздействия. В процессе своей деятельности в течение многих лет собирались данные о состоянии галечных пляжей и берега, с последующей их систематизацией. Таким образом Сочинский филиал АО ЦНИИС начиная с 1914 г. сформировал архив данных по состоянию береговой полосы Черноморского побережья Краснодарского края от Туапсе до Адлера [1].

В течение многолетней работы по сбору данных о состоянии прибрежной зоны в организации сформировались определенные методы, позволяющие систематизировать данные в виде, удобном для последующей обработки и анализа.

Для оценки состояния пляжей проводятся полевые обследования рассматриваемого участка побережья, основной целью которых является составление

покилометровых схем прибрежной зоны, на которых отражаются: положение линии уреза моря, выходы к морю устьев рек, высотные отметки пляжа, положение и вид гидротехнических сооружений, оказывающих влияние на вдольбереговую поток галечных наносов. В материалах, дополняющих схемы, должны быть включены данные, характеризующие вдольбереговую поток наносов.

Исходным материалом для литодинамического анализа и оценки динамики пляжной полосы являются покилометровые схемы, оформленные в графическом редакторе по типу AutoCad. Данные схемы удобны для обработки и автоматизированной оцифровки разнообразных изучаемых параметров. Помимо этого на таких схемах удобно совмещать данные за разные года, например, положение уреза и отметки пляжа, по которым можно наглядно отслеживать протекающие процессы.

Подробность отражения данных на схемах определяется основной целью обследования, на которую часто влияет финансовая составляющая. Зачастую такого рода работы вследствие своей трудоемкости и дороговизны, заказываются крупными предприятиями при разработке решений по инженерной защите крупных или ценных объектов [2].

Для оценки изменения ширины пляжей за определенный период времени покилометровые схемы упрощаются. Высотные отметки и подписи, относящиеся к ним, убираются. Пример километровой схемы распределения ширины пляжа вдоль берега с нанесёнными гидротехническими сооружениями, построенной в программе AutoCad и подготовленной для определения параметров пляжа представлен на рис. 1. Привязка мест измерения ширины пляжа осуществляется по ранее подготовленному разбивочному створу, а в нашем случае к эксплуатационному пикетажу железной дороги. На схемы наносятся данные по ширине пляжа, местоположению гидротехнических сооружений и расположению устьев рек.

Рис. 1. Схема участка берега с 1985 км ПК 0+00 по 1986 км ПК 0+00

Километр	1885	1886	1887	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905
Площадь пляжей	–	21314	15797	10218	3827	17127	9112	15940	26610	10261	26411	4769	11491	4209	8915	20510	3395	13261	2060	2323	17325
Средняя ширина	–	21,3	15,8	10,2	3,8	17,1	9,1	15,9	26,6	10,3	26,4	4,8	11,5	4,2	8,9	20,5	3,4	13,3	2,1	2,3	17,3
Нет пляжа	–	0,0	0,0	0,0	540,6	106,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	500,2	32,7	610,0	110,7	0,0	477,0	310,0	684,0	530,1	70,0
Прог. пляжей ш. до 5 м	–	0,0	0,0	124,3	127,7	54,9	269,3	0,0	0,0	144,0	0,0	90,3	253,7	31,5	309,7	72,9	197,1	33,4	106,5	289,8	30,0
От 5 до 15 м	–	81,6	548,3	724,4	322,6	151,3	653,4	260,2	60,5	651,9	305,4	352,8	409,3	294,2	440,4	361,4	325,9	379,5	209,5	180,1	349,9
От 15 до 25 м	–	610,5	374,8	83,1	9,1	474,7	77,3	739,9	263,5	204,1	207,1	56,8	304,4	64,4	81,2	205,9	0,0	109,2	0,0	0,0	283,5
Прог. пл. ш. более 25 м	–	308,0	76,9	68,3	0,0	212,8	0,0	0,0	674,1	0,0	487,6	0,0	0,0	0,0	58,0	359,9	0,0	168,0	0,0	0,0	266,7
Километр	1906	1907	1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926
Площадь пляжей	36850	33334	6597	6504	3498	14895	22830	25421	26096	41330	31387	24605	38800	29353	6179	38084	23890	39572	17656	12857	10059
Средняя ширина	36,9	33,3	6,6	6,5	3,5	14,9	22,8	25,4	26,1	41,3	31,4	24,6	38,8	29,4	6,2	38,1	23,9	39,6	17,7	12,9	10,1
Протяж. уч. без пляжа	0,0	0,0	707,9	450,0	620,0	200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	449,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,9	54,1
Прог. пляжей ш. до 5 м	0,0	0,0	8,5	130,9	202,0	194,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	0,0	0,0	78,3	145,8	34,3
От 5 до 15 м	58,3	0,0	31,3	219,0	73,9	171,4	219,4	0,0	79,3	248,9	0,0	0,0	0,0	286,9	336,8	0,0	290,3	0,0	294,1	584,9	831,7
От 15 до 25 м	210,6	173,8	131,8	136,8	104,2	74,4	347,3	462,1	101,6	70,3	165,8	554,2	0,0	216,1	154,7	188,8	348,5	0,0	206,8	38,7	79,9
Прог. пл. ш. более 25 м	731,2	826,2	120,6	43,4	0,0	360,0	433,3	537,9	819,1	680,8	834,2	445,9	1000,0	497,0	0,0	811,3	361,2	1000,0	420,9	203,7	0,0
Километр	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947
Площадь пляжей	24617	9153	18524	31126	42909	17389	24065	16661	32064	15634	0	562	16320	37872	22537	6606	12273	2468	9317	21550	47967
Средняя ширина	24,6	9,2	18,5	31,1	42,9	17,4	24,1	16,7	32,1	15,6	0,0	0,6	16,3	37,9	22,5	6,6	12,3	2,5	9,3	21,6	48,0
Нет пляжа	80,5	113,0	84,4	0,0	0,0	191,1	0,0	40,0	0,0	399,8	1000,0	919,9	119,7	0,0	0,0	363,2	100,0	700,0	65,7	0,0	0,0
Прог. пляжей ш. до 5 м	13,8	429,2	124,3	0,0	0,0	40,3	0,0	152,8	0,0	9,4	0,0	15,2	168,6	0,0	0,0	111,8	17,3	18,5	167,4	0,0	0,0
От 5 до 15 м	122,0	208,2	246,6	133,3	0,0	143,7	164,7	94,4	0,0	95,6	0,0	63,0	312,3	49,9	97,3	332,2	497,2	281,5	631,5	259,3	0,0
От 15 до 25 м	271,3	119,4	144,2	211,4	0,0	362,3	304,5	526,4	120,5	112,4	0,0	0,0	71,9	99,9	518,5	167,7	360,7	0,0	135,4	315,6	0,0
Прог. пл. ш. более 25 м	512,5	130,2	400,6	655,4	1000,0	262,6	530,8	186,5	879,6	383,0	0,0	0,0	327,6	850,3	384,3	25,2	24,9	0,0	0,0	425,1	1000,0
Километр	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Площадь пляжей	61437	46724	27345	20028	12418	43570	48856	9481	23679	27254	15072	19213	21803	20347	22438	34721	15219	18341	17505	–	8313
Средняя ширина	61,4	46,7	27,3	20,0	12,4	45,4	48,9	9,5	23,7	27,3	15,1	19,2	21,8	20,3	22,4	34,7	15,2	18,3	17,5	–	8,3
Нет пляжа	0,0	0,0	0,0	279,9	89,6	0,0	66,0	173,2	0,0	30,2	0,0	9,4	0,0	0,0	7,1	408,0	310,0	0,0	0,0	–	310,0
Прог. пляжей ш. до 5 м	0,0	0,0	0,0	35,3	36,8	0,0	0,0	37,9	80,1	59,1	33,1	14,3	0,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	–	0,0
От 5 до 15 м	0,0	0,0	184,6	149,7	671,5	0,0	0,0	648,4	102,4	340,1	488,5	195,3	93,0	63,0	49,0	0,0	117,3	110,0	163,0	–	559,5
От 15 до 25 м	0,0	0,0	0,0	133,6	92,3	14,5	80,2	140,6	311,4	134,1	357,8	488,2	716,0	641,0	436,6	0,0	276,0	741,0	818,0	–	106,0
Прог. пл. ш. более 25 м	1000,0	1000,0	815,4	401,7	109,8	983,6	833,8	0,0	506,2	436,5	120,6	292,9	191,0	296,0	493,5	592,0	296,7	149,0	19,0	–	24,6
Километр	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986			
Площадь пляжей	13819	17597	8078	25795	22692	6779	9303	15158	13819	16770	23922	24656	13153	24427	22111	27074	14207	19946	Благоприятные условия		
Средняя ширина	13,8	17,6	8,1	25,8	22,7	6,8	9,3	15,2	13,8	16,8	23,9	24,7	13,2	24,4	22,1	27,1	14,2	19,9			
Нет пляжа	0,0	45,0	180,0	0,0	130,3	610,0	250,0	0,0	120,0	65,0	150,0	125,0	388,8	85,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Промежуточные условия		
Прог. пляжей ш. до 5 м	0,0	0,0	42,3	0,0	21,0	25,0	48,6	36,6	17,0	0,0	0,0	8,8	9,7	29,5	0,0	0,0	39,8	0,0			
От 5 до 15 м	552,3	289,7	732,1	91,5	41,9	221,1	478,4	404,1	352,8	182,7	81,9	171,0	92,7	259,7	110,7	0,0	434,0	127,5			
От 15 до 25 м	447,8	515,3	45,7	545,8	532,0	50,9	206,4	530,2	456,3	672,1	215,9	197,7	374,9	185,1	595,8	489,6	526,2	736,0	Аварийные условия		
Прог. пл. ш. более 25 м	0,0	150,1	0,0	362,8	274,8	93,0	16,7	29,3	54,0	80,3	552,3	497,6	133,9	440,7	293,5	510,5	0,0	136,5			

Рис. 2. Параметры пляжа на участке Туапсе – Адлер за 2018 год

По данным схемам с использованием программных средств снимаются разнообразные параметры, описывающие состояние пляжей. Для оценки динамики пляжей необходимы следующие данные: общая площадь пляжей, средняя ширина, протяженность

участков без пляжей, протяженность участков с шириной пляжей в интервалах 1–5 м, 5–15 м, 15–25 м и протяженность участков с шириной пляжей более 25 м.

Полученные данные вносятся в таблицу, пример которой представлен в табл. 1.

Таблица 1 – Изменение вдоль берега параметров пляжей, привязанных к пикетам железной дороги на определенный год

Расположение, ПК или км	1888 км	1889 км	1890 км	1891 км	1892 км	1893 км
Площадь пляжей, м ²	10218	3827	17127	9112	15940	26610
Средняя ширина, м	10,2	3,8	17,1	9,1	15,9	26,6
Протяженность участков без пляжей, м	0,0	540,6	106,3	0,0	0,0	0,0
*1–5 м	124,3	127,7	54,9	269,3	0,0	0,0
*5–15 м	724,4	322,6	151,3	653,4	260,2	60,5
*15–25 м	83,1	9,1	474,7	77,3	739,9	265,5
*более 25 м	68,3	0,0	212,8	0,0	0,0	674,1
Примечание: * – Протяженность участков с шириной пляжей...						

Таблица, составленная для участка побережья от Туапсе до Адлера протяженностью более 100 км по предлагаемой форме, удобно помещается на лист формата А3, и с использованием программы Excel легко поддается любой обработке. По полученным данным можно строить профили, отражающие среднюю ширину и площадь пляжей по протяжению береговой полосы. Для анализа общего состояния пляжей в определенный момент времени в программном комплексе Excel есть функция, позволяющая задавать для значений таблицы цветовые градиенты. Например, для участка с минимальной шириной пляжа на побережье задается красный цвет, с максимальной шириной – зеленый. В результате вся строка с данными по ширине пляжа окрашивается в разные оттенки красного, желтого и зеленого. Получается довольно наглядная таблица, на которой выделяются проблемные участки. Пример подобной таблицы для участка берега от Туапсе до Адлера на 2018 год представлен на рис. 2.

При накоплении данных появляется возможность сравнивать параметры пляжей за разные годы

и оценить объемы потерь или накоплений пляжного материала за расчетный период. Добавляя к этим данным параметры твердого стока рек и вдольберегового потока наносов, появляется возможность получения подробной характеристики протекающих береговых процессов, на основе которой можно делать прогнозы и разрабатывать решения по инженерной защите прибрежной территории.

Используя форму, представленную на рис. 2, можно составлять таблицы изменений любых параметров береговой зоны за определенный период времени.

Мониторинг береговых процессов необходимо проводить в пределах всей литодинамической системы для оценки возможного влияния различного рода сооружений, возведённых в её пределах. К тому же, большую по протяженности береговую полосу необходимо рассматривать с учетом всех возможных деталей, которые влияют на вдольбереговой поток наносов. Это позволяет сформировать объективную, целостную и подробную картину протекающих процессов на выделенном участке берега.

Список литературы

1. Шелушин Ю.А., Петров В.А. Динамика пляжей участка Черноморского побережья России 1956–2018 гг. // Закономерности формирования и воздействия морских атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): материалы международной научной конференции. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2019. С. 217–221.
2. Тлявлиева Г.В., Тлявлин Р.М. Проблемы мониторинга опасных процессов территории Имеретинской низменности // Закономерности формирования и воздействия морских атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов («Опасные явления»): материалы международной научной конференции. Ростов-на-Дону: ЮНЦ РАН, 2019. С. 300–302.

MONITORING THE CONDITION OF BEACHES AT THE BLACK SEA COAST OF KRASNODAR REGION

Y.A. Shelushinin^{1,2}, V.A. Petrov¹

¹ Research center "Sea coasts" (branch of JSC TsNIIS "Sea coasts"), Sochi

² Sochi State University (SGU)

9117875@mail.ru

Abstract. Research center "Sea coasts" has been collecting data about condition of beaches since 40s of the last century and today we have the archive data covers the period from 1914 to 2019. The necessity of monitoring the condition of beaches at Black Sea coast of Krasnodar region is described and justified. Detailed monitoring of long-stretched coastlines over a long period of time is a tool for exploring the lithodynamic processes and a holistic description of any processes occurring in a specific area. Over the long years of survey work in organization have been formed certain monitoring methods, in accordance with which data is collected. The method of monitoring the condition of beaches is described, which allows to exploring lithodynamic processes occurring on the coast. This method is characterized by the compilation of a summary table describing the parameters of beaches at the stretch of coastline. The initial data for the compilation of a summary table are the per-kilometer coast schemes, which are compiled on the basis of field surveys. Width of beaches, location of hydraulic structures and rivers affecting the condition of beaches are plotted on the schemes. Tables of beach parameters are compiling for different years, which allows you to see the changes in beach parameters, identify trends and processes, make forecasts and develop solutions for coastal engineering protection. Explained the need and convenience of widespread usage of software systems like AutoCad and Excel in the processing of large amounts of data obtained from the survey of coastal areas.

Keywords. lithodynamics, monitoring, beach stability, beach forming material, alongshore sediment flow.

References

1. *Shelushinin Y.A., Petrov V.A.* The dynamics of beaches at the area of Black Sea coast in Russia at 1956–2018 // Regularities of formation and impact of marine and atmospheric hazardous phenomena and disasters on the coastal zone of the russian federation under the conditions of global climatic and industrial challenges ("Dangerous phenomena"): proceedings of the international scientific conference. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2019. C. 217–221.
2. *Tlyavlina G.V., Tlyavlin R.M.* Problems of monitoring hazardous processes in the territory of Imereti lowland // Regularities of formation and impact of marine and atmospheric hazardous phenomena and disasters on the coastal zone of the russian federation under the conditions of global climatic and industrial challenges ("Dangerous phenomena"): proceedings of the international scientific conference. Rostov-on-Don: SSC RAS Publishers, 2019. C. 300–302.