

СВОБОДНЫЕ И ОТЧЛЕНЕННЫЕ БЕРЕГОВЫЕ АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ ЗАЛИВА СИВАШ³

Михайлов В.А.

Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина

E-mail: mikhailov_v@rambler.ru

Выявлены основные типы, распространение, морфология и особенности свободных и отчлененных береговых аккумулятивных форм залива Сиваш. В результате анализа разновременных спутниковых снимков выявлены особенности динамики таких форм, в том числе установлена скорость их роста.

Ключевые слова: Сиваш, берег, аккумулятивная форма, динамика, дешифрирование, космические снимки.

ВВЕДЕНИЕ

Берега мелководного залива Сиваш, несмотря на значительную протяженность (более 1000 км), изучены недостаточно. Это относится как к морфологическим особенностям береговой зоны [3, 5, 6], так и к ее динамике. Особый интерес в этом отношении в силу разнообразия и изменчивости представляют аккумулятивные берега, в частности свободные и отчлененные береговые формы. Широкие возможности для изучения их динамики представляют данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), являющиеся единственным источником информации при отсутствии мониторинговых наблюдений.

Целью статьи является характеристика основных типов свободных береговых аккумулятивных форм залива Сиваш, их распространения, морфологии, динамики в результате анализа спутниковых снимков.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Береговые аккумулятивные формы рельефа залива Сиваш формируются в результате механического и биогенного типов осадконакопления. В результате механического осадконакопления, которое представлено главным образом наносами неволнового поля, возникшими при размыве суглинистых берегов залива, в условиях сгонно-нагонной циркуляции формируются ветровые осушки различных типов [3, 4]. Биогенное осадконакопление распространено в пределах Восточного, Южного и в меньшей степени Среднего Сиваша. Это связано с закономерностями распространения нанообразующих моллюсков (преимущественно *Cerastoderma glaucum*, в меньшей степени *Abra ovata* и *Mytilaster lineatus*), которые в наибольшем количестве встречаются в менее засоленных, связанных с морем, частях залива. До значительного опреснения Сиваша в результате строительства во второй половине

³ Статья выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-45-01627)

прошлого века на прилегающей территории дренажно-коллекторной сети, наносообразующие моллюски отмечались лишь в северной части Восточного Сиваша [1].

Биогенный тип осадконакопления, представленный раковинами моллюсков, детритом и ракушечным песком, приводит к формированию более разнообразных береговых рельефа, которые можно разделить на примыкающие, замыкающие, свободные и отчлененные. Свободные аккумулятивные формы соединяются с берегом одним концом (корневым). К ним относятся косы (направлены параллельно общей линии берега или изогнуты вглубь заливов и вогнутостей) и стрелки (направлены в сторону открытой акватории). В некоторых случаях свободный (дистальный) конец может быть отделен, и аккумулятивная форма переходит в класс отчлененных. Эти береговые формы являются наиболее динамичными, все время подпитываясь вдольбереговыми потоками наносов. Для акватории Сиваша можно указать несколько типов таких форм (рис. 1), типичные условия образования которых давно описаны в литературе [2]. Длина свободных форм всех типов не превышает 4 км.

Наиболее распространенные формы образуются у изгиба коренной суши, от которой форма дуговидно изогнута, в общем простираясь более-менее вдоль линии берега (А). Такие формы состоят и серии параллельных береговых валов, обычно загнутых в дистальной части косы. Внутренне пространство, образованное дугой косы, занято отдельными старыми, расположенными кулисообразно валами и ветровой осушкой («засухой»), постепенно переходящей в залив. В некоторых случаях дистальный конец косы может достигнуть участка коренной суши, прикрепившись к которой отчленяет небольшое озеро (Б). Формирующиеся у изгиба коренной суши аккумулятивные формы могут иметь и другие очертания, например, прямые или слабо изогнутые, «продолжая» исходную линию берега (Г). На отчетливых выступах коренной суши могут формироваться формы двухстороннего питания («стрелки»). Они могут иметь различную конфигурацию (чаще треугольную), различную ширину отдельных сторон (в соответствии с мощностью потоков наносов), сходящихся обычно под острым углом (В). Формирующаяся здесь часть аккумулятивной формы, вытянутая в акваторию, является самым динамичным ее участком частью аккумулятивной формы; часто на ее продолжении образуется узкий остров.

Характерными для сивашского побережья Арабатской стрелки являются небольшие косы «азовского типа», развитие которых в ходе эволюции лагунных акваторий описано Зенковичем В. П. [2]. В условиях минимальных колебаний уровня моря, относительной тектонической стабильности и преимущественного продольного воздействия ветров и волн эти формы вырастают поперек протяжения водоема (на начальных стадиях скошены и направлены от центральной части лагуны к ее краям), наиболее четко с внутренней стороны бара, на расстоянии, равном одной-полутора ширине лагуны. В Южном Сиваше и Шокалинском сужении расположены на расстоянии 10-15 км друг от друга и направлены от центра лагуны на юг. Косы, длиной до 3.5 км, состоят из серии параллельных валов, часть которых загнута во внутреннее пространство, отделяя ветровые осушки и

СВОБОДНЫЕ И ОТЧЛЕНЕННЫЕ БЕРЕГОВЫЕ АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ ЗАЛИВА СИВАШ

небольшие озера. В Шокалинском сужении косы имеют узкую треугольную форму с коротким узким выступом в южной части. Для кос в Южном Сиваше характерны более вытянутые, загнутые на вершине, дистальные концы (Д); в ходе эволюции у кос «азовского типа» может сформироваться несколько генераций (Е).

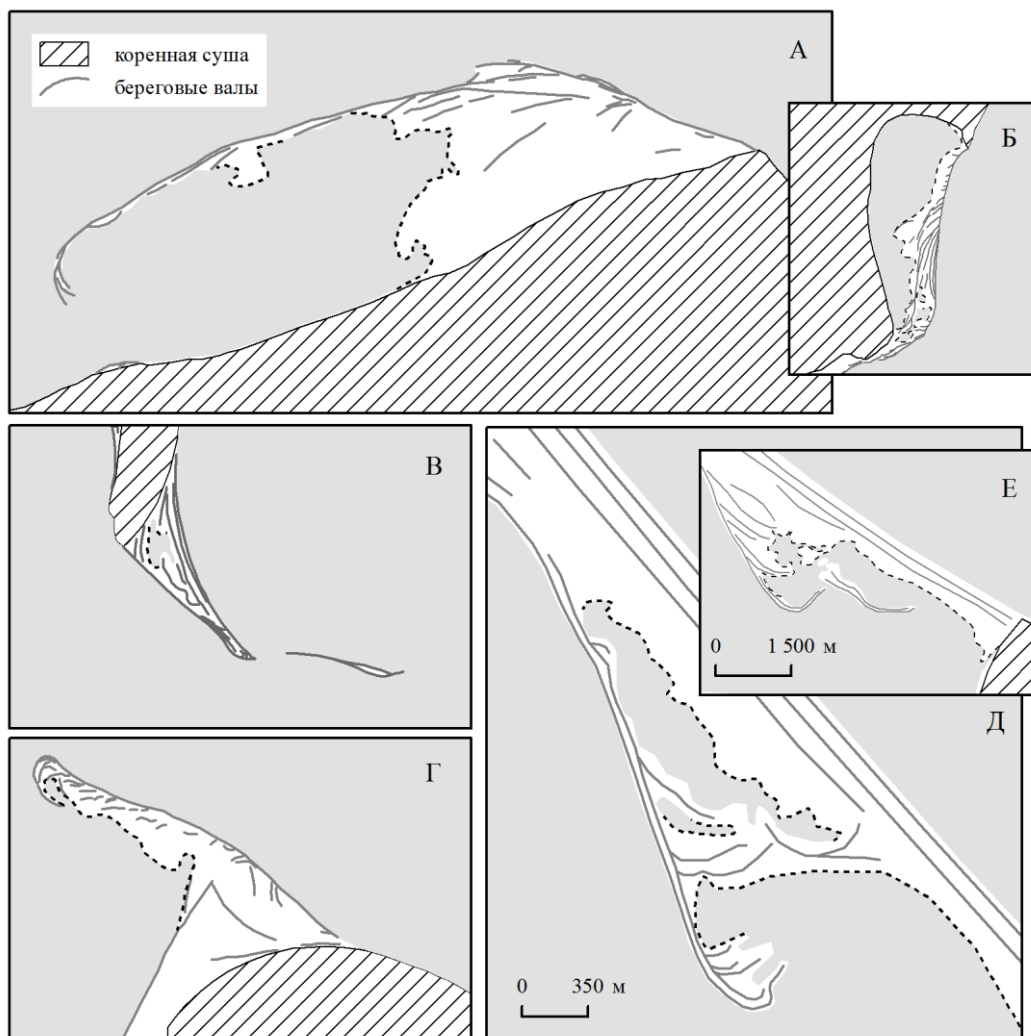


Рис. 1. Основные типы свободных и отчлененных береговых аккумулятивных форм залива Сиваш: А – коса с загнутым краем на перегибе берега; Б – замыкание косы с образованием пересыпи; В – коса двухстороннего питания («стрелка») с внутренним водоемом; Г – прямая коса на перегибе берега; Д – коса «азовского типа»; Е – коса «азовского типа» нескольких генераций

В строении свободных и отчлененных береговых аккумулятивных форм принимают участие ракуша и продукты ее разрушения с илистым заполнителем. Во внешней приурезовой части формируется пляж шириной до 3-5 м, состоящий из невысоких береговых валов, часто прикрытых слоем водорослевого мата. К пляжу примыкает непосредственно тело аккумулятивной формы, состоящее из серии сочлененных древних размытых валов, общей шириной 5-50 м и высотой до 1 м, обычно заросший. Некоторые из валов пол углом могут располагаться под углом к линии простираения аккумулятивной формы или располагаются обособленно во внутренней низменной части. Обычно аккумулятивная форма располагается на илистой (с различным содержанием детритово-ракушечного материала) поверхности древней ветровой осушки, состоящей из илистого материала. На рисунке 2 представлены разрезы косы, расположенной в западной части полуострова Тюп-Джанкой (рис. 1, Г)

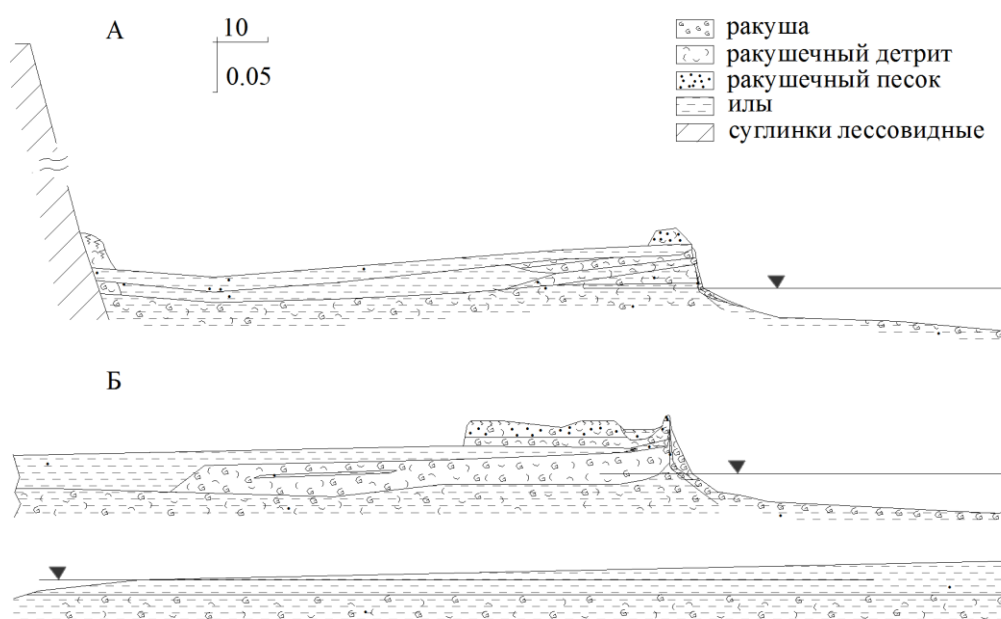


Рис. 2. Геологические разрезы косы, расположенной в западной части полуострова Тюп-Джанкой: А – дистальная часть, причлененная к отмершему клифу; Б – средняя часть.

Образование береговых аккумулятивных форм связано с развитием отчлененного ингрессионного побережья, возникшего в ходе послеледниковой новоазовской трансгрессии, при которой происходило медленное затопление устьевых частей переуглубленных балок и долин. Важнейшим событием в истории этой части побережья Азовского моря явилось возникновение бара Арабатская стрелка, возраст которой оценивается от 1 до 6 тыс. лет. Соответственно аккумулятивные формы береговой зоны имеют значительно более молодой возраст.

СВОБОДНЫЕ И ОТЧЛЕНЕННЫЕ БЕРЕГОВЫЕ АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ ЗАЛИВА СИВАШ

На топографических картах XIX века многие из них присутствуют в близких к современным очертаниях.

Для анализа динамики аккумулятивных форм использованы разновременные многозональные космические снимки, полученные со спутников Landsat 5 и Landsat 7. Они имеют высокое пространственное разрешение и пространственную привязку, позволяющую сопоставлять разновременные материалы. Использовались снимки, выполненные в ближней инфракрасной зоне спектра, позволяющие четко отделить акваторию от суши (рис. 3) [9].

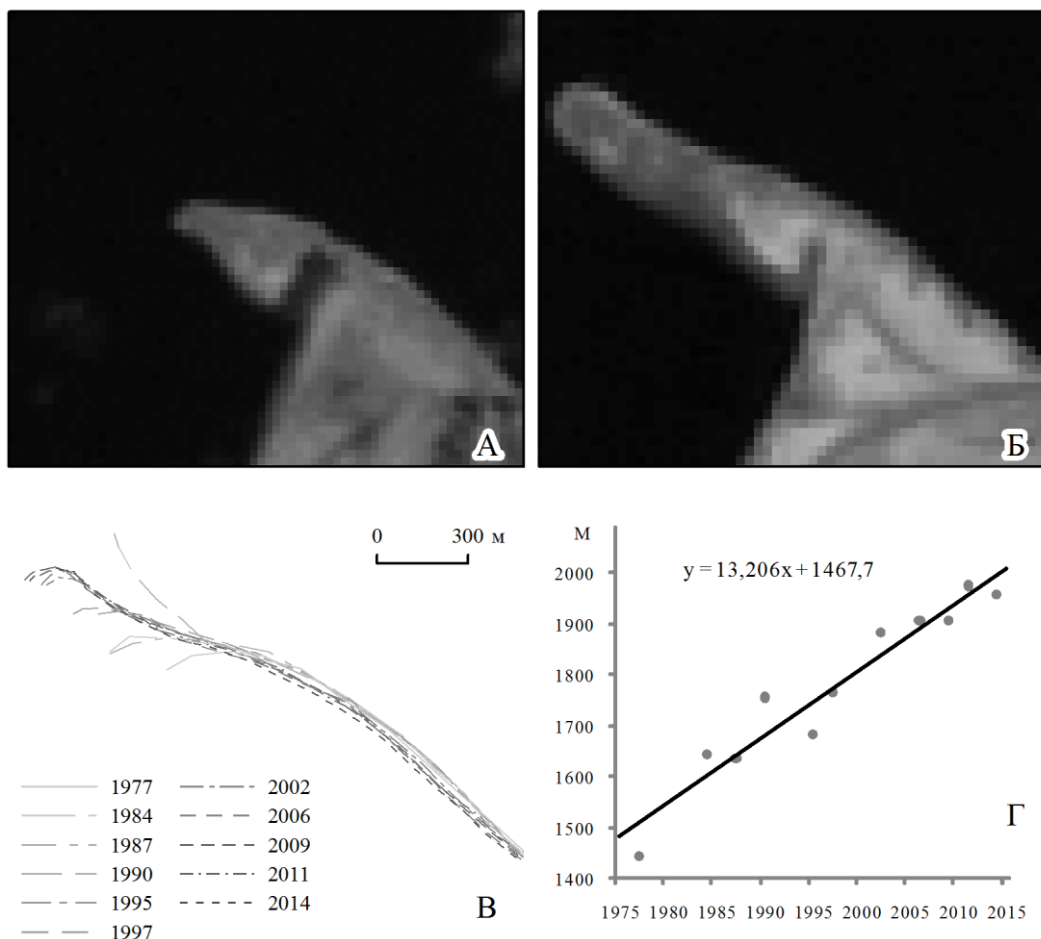


Рис. 3. Изменение длины внешней береговой линии косы в западной части полуострова Тюп-Джанкой по данным спутниковых снимков: А – спутниковый снимок Landsat 5, 1984 года; Б – спутниковый снимок Landsat 7 2011 года; В – отдешифрованные береговые линии за 1977-2014 гг.; Г – значения длины береговой линии за 1977-2014 гг. и линейный тренд

Отобрано 11 снимков, с 1977 по 2014 гг., выполненных в поздневесенний, летний и раннеосенний период, когда повторяемость сгонно-нагонных явлений незначительна и конфигурация береговой линии более-менее постоянна. Все работы, связанные с анализом снимков, выполнялись с помощью программного комплекса ArcGIS 10.0. В результате визуального анализа ключевых аккумулятивных форм, выявленных на предварительном этапе, были отдешифрированы разновременные береговые линии. Учитывались главным образом «внешние», более устойчивые береговые линии; анализ «внутренних» частей, связанных с ветровыми осушками, представляется нецелесообразным. Всего проанализированы береговые линии 14 свободных и отчлененных форм (кос и островов, в т.ч. 6 кос «азовского типа»). Положение выявленных береговых линий намечалось «вручную», в виде полилиний, которые в дальнейшем объединялись в один шейп-файл с общим началом. Для определения скорости роста дистального конца с помощью функции вычисления геометрии в таблице атрибутивных данных определялись длины береговой линии, значения которых аппроксимировались линейной зависимостью. Точность полученных средних значений обеспечивается сопоставлением размера пикселей снимков с величиной межгодовой изменчивостью береговых линий и использованием серии снимков.

Полученные материалы позволяют сделать выводы. На современном этапе свободные береговые аккумулятивные формы испытывают в общем тенденцию к росту, которая проявляется в удлинении дистального конца при общем сохранении направления и ширины формы. Исключение составляет сложная форма на южной конечности острова Верблюдка (рис. 1В): здесь «стрелка» постепенно отступает, а находящийся на ее продолжении аккумулятивный остров удлиняется. Для форм с загнутым концом возможно постепенное приращение к суше с отделением небольшой акватории. Усредненные скорости роста дистального конца аккумулятивных форм изменяются от 0.6 до 13.2 м/год, а для кос «азовского типа» побережья Арабатской стрелки – от 4.5 до 23.7 м/год (рис. 4).

Наибольшие значения характерны для форм, дистальные концы которых вытянуты в направлении от юго-юго-востока до запад-северо-запада, а также на северо-восток. Эти направления в общем соответствуют основному простираению заливов и отдельных частей Сиваша («расширений»), а также направлениям господствующих над акваторией Сиваша ветров (восточных и северо-восточных, западных и юго-западных). Т.е. наибольший рост свободных береговых аккумулятивных форм наблюдается вдоль формирующихся в заливе потоков наносов.

В акваториях залива с повышенной соленостью и, как следствие, невысокой биомассой наносообразующих моллюсков, скорости роста форм отчлененных частях Сиваша незначительны, например, в Сунакском заливе 3.7 м/год. Однако в Южном Сиваше и Шокалинском сужении, также с повышенной соленостью (до 40-45‰ против 20-30‰ в Восточном Сиваше), наблюдается обратная картина: для распространенных здесь кос «азовского типа» скорость роста в общем увеличивается с продвижением на юг. В Южный Сиваш происходит занос ракуши и

СВОБОДНЫЕ И ОТЧЛЕНЕННЫЕ БЕРЕГОВЫЕ АККУМУЛЯТИВНЫЕ ФОРМЫ ЗАЛИВА СИВАШ

детрита течениями из Шокалинского сужения, а также вынос детритусового материала с бара Арабатская стрелка [7].

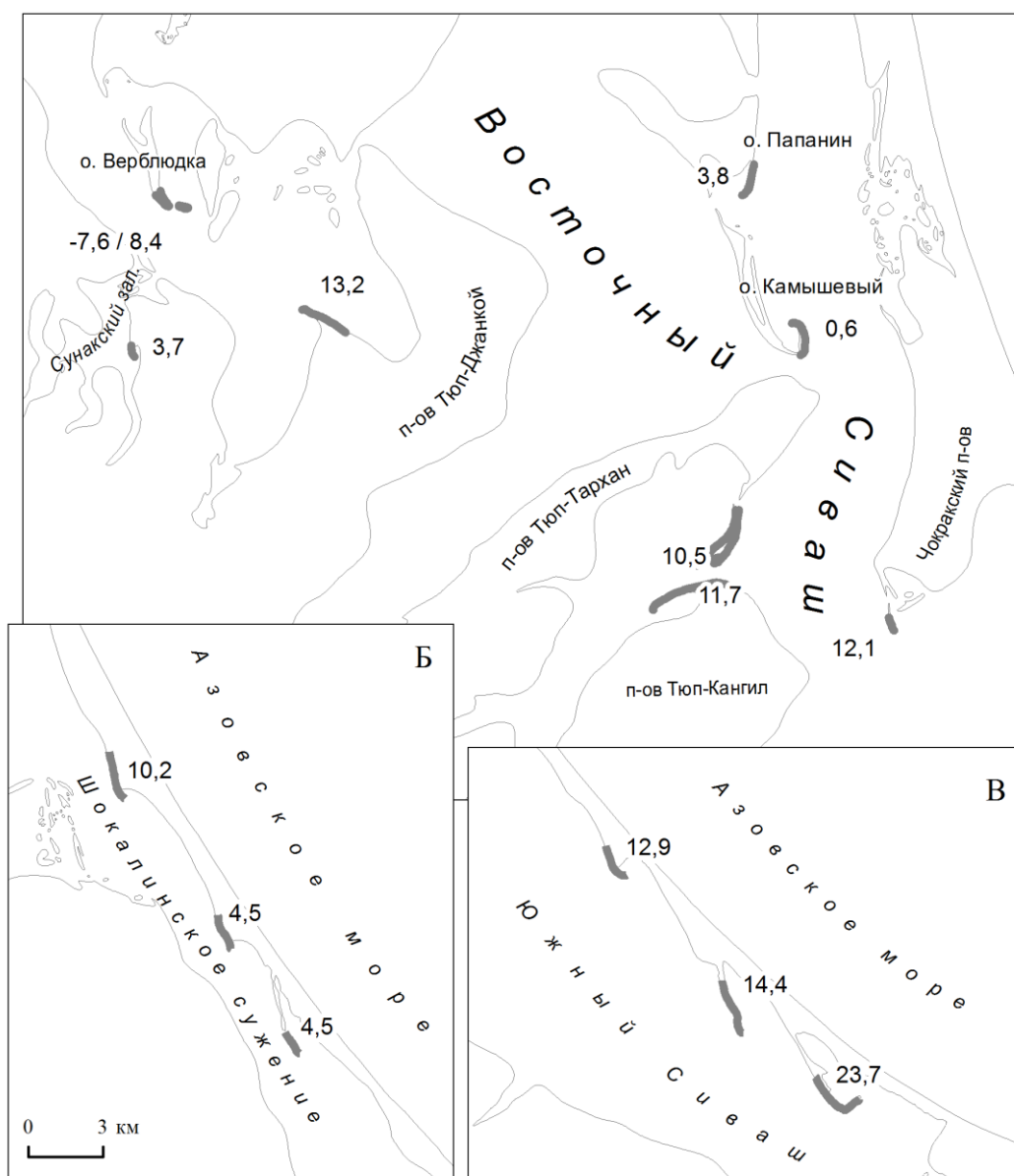


Рис. 4. Скорость роста дистального конца свободных аккумулятивных форм берегов Среднего и Восточного Сиваша (А), кос «азовского типа» Шокалинского сужения (Б) и Южного Сиваша (В)

ВЫВОДЫ

Свободные и отчлененные береговые формы Сиваша, представленные косами, стрелками и аккумулятивными островами, формируются в менее засоленных восточной, средней и южной частях залива. На современном этапе эти формы испытывают тенденцию к росту, которая проявляется в удлинении дистального конца. Осредненные скорости, определенные в результате анализа спутниковых снимков высокого разрешения за период с 1977 по 2014 гг., составляют 0.6-23.7 м/год. Значения скорости определяются общей конфигурацией частей Сиваша, направлением господствующих ветров и в меньшей степени биомассой наносообразующих моллюсков, связанной с общей соленостью вод залива.

Список литературы

1. Антоновський О. Г. Динаміка макробоїєнтосу Східного Сиваша в умовах гідроекологічних змін / О. Г. Антоновський, О. О. Крутікова // Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки. – 2012. – № 3. – С. 96-103.
2. Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов / В. П. Зенкович. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 710 с.
3. Леонтьев В. К. Основные черты геоморфологии Сивашской лагуны / В. К. Леонтьев, О. К. Леонтьев // Вестник МГУ. Серия «География». – 1956. – № 2. – С. 185-194.
4. Давидов О. В. Фізико-географічна характеристика вітроприсушних берегів затоки Сиваш (в межах західного, центрального та східного регіонів) / О. В. Давидов // Вісник Одеського національного університету. – 2007. – Т. 12, вип. 8. – С. 62-70.
5. Михайлов В. А. О характере берегов Сиваша / В. А. Михайлов // Ученые записки Таврического Национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «География». – 2007. – Т. 20 (59), № 2. – С. 322-332.
6. Михайлов В. А. Использование данных ДЗЗ для изучения берегов залива Сиваш / В. А. Михайлов // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9 (часть 4). – С. 831-834.
7. Сташук М. Ф. Минералогия, геохимия и условия формирования донных отложений Сиваша / М. Ф. Сташук, В. А. Супрычев, М. С. Хитрая. – К.: Наукова думка, 1964. – 174 с.
8. Шустов Б.С. Восточный Сиваш и его берега / Б. С. Шустов // Ученые записки МГУ. – 1938. – Вып. 19. География. Т. II «Берега». – С. 103-114
9. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков / И. А. Лабутина – М.: Аспект Пресс, 2004 – 184 с.

Михайлов В.А. Вільні та відчлененні аккумулятивні берегові форми затоки Сиваш / В.А.Михайлов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. Серія: Географічні науки. – 2014. – Т.27 (66), №2. – С. 65-73.

Виявлені основні типи, поширення, морфологія і особливості вільних і відчлених берегових аккумулятивних форм затоки Сиваш. В результаті аналізу різночасних супутникових знімків виявлені особливості динаміки таких форм, у тому числі встановлена швидкість їх росту.

Ключові слова: Сиваш, беріг, аккумулятивна форма, динаміка, дешифрування, космічні знімки..

FREE AND DETACHED COASTAL ACCUMULATIVE FORMS
OF SIVASH BAY

Mykhailov V.A.

Taurida National V. I. Vernadsky University, Simferopol, Crimea Republic, Russia
E-mail: mikhailov_v@rambler.ru

The basic types, distribution, morphology and characteristics of the dynamics of free and detached coastal accumulative forms of Sivash bay are considered in the article.

Free and detached coastal accumulative forms have a length to 4 km and are formed as a result of biogenic sedimentation represented by mollusk shells, shell sand and detritus. In the water area of Sivash formed several types of detached forms: straight, slightly and arc curved forelands of irreciprocal supply, bilateral supply arrows. For southern coast of Arabat coastal barrier so-called «Azov type» forelands are typical. In the structure of these forms a narrow beach and a series of ancient beach ridges is allocated, composed of sand and shell deposits, and low-lying silty surface, which gradually turns into the waters.

Free and detached coastal accumulative forms formed in the making of the creek -lagoon Sivash which had been forming during the Holocene postglacial transgression when a Arabat coastal barrier existed. In order to determine the current dynamics of accumulative forms used different time (1977-2014) satellite images obtained from Landsat 5 and 7. In order to analyze growth rate of the distal end of accumulative forms software package ArcGIS 10.0 was applied. At the present stage free coastal accumulative forms have tend to grow, which appears in the extension of the distal end for general constancy of direction and width of the form. The average rate of growth of the distal end of accumulative forms vary from 0.6 to 13.2 m / year, and to forelands so-called «Azov type» on the coast of Arabat coastal barrier – from 4.5 to 23.7 m / year. The maximum speed of growth is representative for forms which are elongated along the main bays and parts Sivash stretch, in accordance with the direction of the prevailing winds. In the creek area with high salinity and low biomass of mollusks, which form alluvion, the growth rate is less. Shells and detritus bring in South Sivash is occurred by stream from Shokalinskoe constriction, as well as the removal of detrit material from the Arabatsky coastal barrier.

Keywords: Sivash, coast, accumulative form, dynamics, photointerpretation, space pictures.

References

1. O. G. Antonovsky, "Dynamics of macrozoobenthos in Eastern Sivash under hydroecological change," *Visnyk of Zaporizh. Nat. Univ. Biol. sc.*, № 33, 96 (2012).
2. V. P. Zenkovich, *The Fundamentals of the theory of the development of coasts* (Publ. House of the USSR Ac. of Sc., Moscow, 1962) [in Russian].
3. V. K. Leontiev and A. K. Leontiev, "Main features of geomorphology of Sivash lagoon," *Vestnik MSU. Ser. of "Geogr."*, № 2, 185 (1956).
4. O. D. Davidov, "Physical-geography characteristics of windy flat coast in Sivash bay (within the western, central and eastern sites)," *Odesa Nat. Univ. Herald*, 12 (8), 62 (2007).
5. V. A. Mikhailov, "About character of coast of the Sivash," *Sc. Not. of Taurida Nat. V. I. Vernadsky Univ. Ser. Geogr.*, 20 (59), № 2, 322 (2007).

6. V. A. Mikhailov "Use of data of remote sensing for study of coast of bay Sivash," *Fundam. res.*, № 9 (4), 831 (2012).
7. M. F. Stashchuk, V. A. Suprychev and M. S. Khitraya, *Mineralogy, geochemistry and conditions for the formation of bottom sediments in the Sivash and adjacent lakes* (Nauk. Dum., Kyiv, 1964) [in Russian].
8. B. S. Shustov, "East Sivash and its coast," *Sc. Not. of MSU. II* (19), 103 (1938).
9. I. A. Labutina, *Interpretation of aerospace images* (Aspect Press, Moscow, 2004) [in Russian].

Поступила в редакцию 20.11.2014 г.