

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДЕЛЬТЫ ДУНАЯ В XXI В. ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

*Инюшин А.Н.,
Кравцова В.И.*

Резюме – По космическим снимкам со спутника Landsat исследованы изменения морского края дельты Дуная за период 2002–2016 гг. Исследование показало, что дельта Дуная продолжает расти, увеличившись за этот период на 11,6 км². Среднегодовая скорость прироста составляет 1,57 км²/год, а размыва 0,74 км²/год. Прирост площади сосредоточен в Килийской дельте, а размыву подвержен участок дельты между устьями Сулинского и Георгиевского рукавов.

Ключевые слова – дельта, динамика, космические снимки, мониторинг.

INVESTIGATIONS OF THE DANUBE DELTA DYNAMICS IN XXI C. BY SATELLITE IMAGES

*Inyushin A.N.,
Kravtsova V.I.*

Abstract – Changes of the Danube Delta sea edge for 2002–2016 was studied. Investigation has shown that the Danube Delta continued its growth and increased at 11,6 km². Annual temp of growth is 1.57 km²/year, and temp of abrasion 0,74 km²/year. Area growth is concentrated in the Kilia Delta, and abrasion take place at part of delta between the Sulina and Sf.Gheorghe river mouths.

Keywords – delta, dynamics, satellite images, monitoring.

Введение

Дельты рек всегда были одними из самых динамичных природных объектов. Но сейчас, в век сильных климатических изменений – с одной стороны, и интенсивного антропогенного воздействия – с другой, эти факторы вносят дополнительный вклад в формирование дельт и присущую им динамику. Одна из крупных, достаточно хорошо изученных дельт – дельта Дуная, которой посвящены фундаментальные монографии: [1, 2]. Динамика этой дельты с середины XIX в. до 70-х гг. XX в. исследована при сравнении карт Корпуса военных топографов с космическими снимками [4], затем мониторинг дельты выполнялся по космическим снимкам 1980-х гг. [3] и был продолжен до 2002 г. [5]. Задача настоящей работы – продолжить мониторинг состояния дельты для нового периода 2002–2016 гг., выявить динамику морского края дельты и устьев рукавов, а также территории дельты в целом, в условиях антропогенного уменьшения стока наносов Дуная, естественного и антропогенного перераспределения стока между рукавами, некоторого повышения уровня моря и активизации морского волнения, а также хозяйственного освоения геосистем дельты.

Характеристика района исследований

Дунай – важнейшая река Европы, главная транспортная артерия ее центральной и южной частей. Длина реки примерно 2860 км. Дунай образует в своем устье третью по размерам дельту в Европе площадью примерно 4200 км². Дельту формируют два основных рукава – Килийский и Тульчинский. Последний, в свою очередь, делится на Сулинский и Георгиевский рукава, а Килийский рукав в нижней части делится на Очаковский и Старостамбульский рукава (рис. 1). Дунай находится на втором месте в Европе по объему стока воды, который в среднем чуть превышает 200 км³/год. В настоящее время Килийский рукав берет на себя 52% стока воды Дуная, а на Сулинский и Георгиевский приходится 20 и 26% соответственно. Однако, еще в начале XX века на Килийский рукав приходилось 72% стока. Увеличение доли стока румынских рукавов обусловлено, прежде всего, гидротехническими работами в Сулинском и Георгиевском рукавах (их спрямлением), а также дроблением самого Килийского рукава на мелкие водотоки.

Дунай значительно опережает все реки Европы по количеству стока наносов, которое в XX веке составляло 60 млн. т в год, однако в последние десятилетия сократилось до 30–40 млн. т в год [1]. Снижение твердого стока связано со строительством плотин и водохранилищ, как на самом Дунае, так и на его притоках, особенно плотины Железные ворота I в 1971 г. на границе Сербии и Румынии.

Расположенная в зоне умеренного континентального климата с среднегодовыми температурами в Вилково 11 °С (июля 22 °С, января –1 °С) и среднегодовым количеством осадков 450 мм, дельта Дуная характеризуется значительным биоразнообразием. Огромную площадь занимает плавневая растительность – здесь находится крупнейший в мире ареал тростника. Дельта Дуная активно освоена человеком, поскольку расположена на стыке морских и речных путей, имеет благоприятные природно-климатические условия и богата ресурсами. Наиболее развитые отрасли хозяйства – это сельское хозяйство, судоходство, рыбное хозяйство, выращивание и заготовка тростника и рекреация. Биосферный заповедник «Дельта Дуная» площадью 5,8 тыс. км² помимо дельты включает и другие, прилегающие к ней территории.

Материалы и методика исследования

Главная задача настоящего исследования – составление карт динамики морского края дельты – выполнялась по космическим снимкам *Landsat* – 5, 7, 8. Выбор именно этих снимков определяется тем, что снимки *Landsat* находятся в свободном доступе и распространяются бесплатно, их разрешение 30 м достаточно для определения изменений морского края дельты (МКД) за 10–15-летний период, а съемочные системы *TM*, *ETM+* и *OLI* трех спутников *Landsat* имеют все каналы, подходящие для дешифрирования контура дельты (синий, зеленый, красный, ближний инфракрасный и средний инфракрасный). Изображения поставляются с выполненной привязкой, представлены в проекции *UTM* соответствующей зоны. Точность привязки составляет 30–60 м. Дополнительно к снимкам *Landsat* просматривались снимки сверхвысокого пространственного разрешения (лучше 1 м) в системе *Google Earth*, что было необходимо при уточнении типа объектов береговой зоны.

Использовались снимки за летний период как наиболее контрастные. Просмотрено около 20 летних снимков на дельту за период с 2002 по 2016 гг. Однако, в связи с тем, что изменения морского края дельты невелики, было решено ограничиться снимками только за 2002 и 2016 г. Отобраны лучшие по качеству снимки *Landsat* – 5 за 13 мая 2002 г. и *Landsat* – 8 за 30 июля 2016 г.

Дешифрирование береговой линии дельты выполнялось визуально по просмотрным изображениям *Landsat* в варианте синтеза, где красному (R), зеленому (G) и синему (B) каналу соответствуют второй средний инфракрасный (*Short Wavelength InfraRed, SWIR 2*), ближний инфракрасный (*Near InfraRed, NIR*) и зеленый (*Green*) съемочные каналы. В отдельных случаях, в местах зарослей тростника на мелководье, была необходимость обращаться к снимку в среднем инфракрасном диапазоне спектра. В целом, береговая линия дельты определялась уверенно и четко.

Дешифрирование береговой линии выполнялось визуально на экране компьютера, с фиксацией положения береговой линии вручную в программном обеспечении *ArcMap 10.3.1*. Слои с береговой линией создавались путем ее цифрования в формате *shape*. Для береговой линии за каждую дату создавался отдельный полигональный слой. Для полученных полигональных слоев дельты, с помощью операции *Calculate Geometry* определялась площадь в км² и заносилась в поле *Area* атрибутивной таблицы с точностью до 1 га.

Далее, с помощью инструмента геообработки *Union* выполнялось объединение пар снимков. На выходе для каждой пары получался полигональный слой, в котором неизменившаяся часть дельты, участки увеличения площади (приросшая часть дельты) и участки уменьшения площади (размытая часть дельты) представляли собой отдельные полигоны и окрашивались по-разному.

Результаты исследований

Составленная по описанной выше методике схема динамики дельты Дуная за 2002–2016 гг., приведенная на рис. 1, показывает, что за весь период исследования с 2002 по 2016 гг. в дельте произошли относительно незначительные изменения, и сосредоточены они, в основном, в районе Килийской дельты, где отмечается ее небольшое нарастание вблизи устьев дельтовых рукавов. На протяжении участка дельты между Сулинским и Георгиевским рукавами зафиксирован небольшой размыв берега. В южной части дельты изменилось положение аккумулятивной косы Сахалин, приблизившейся к берегу, а западнее – небольшой размыв морского края дельты.

В связи с относительно малыми изменениями для анализа динамики требуется переход к более крупному масштабу. Поэтому по предложению проф. В. Н. Михайлова выделено семь генетически однородных участков морского края дельты. Пять из семи участков приходится на продолжавшую выдвигаться Килийскую дельту, поскольку именно в ней сосредоточены основные изменения, различающиеся на протяжении морского края между небольшими рукавами. Два другие охватывают большие по протяженности участки морского края – один между Сулинским и Георгиевским рукавами, где схема показывает размыв морского края, а другой южный, более стабильный берег дельты. Поскольку все участки имеют разную протяженность, то и масштаб схем разный. Разделение на участки показано на рис. 1.

Динамика морского края дельты по семи участкам

Участок №1 простирается от западного берега Жебриянской бухты до середины залива между устьями рукавов Прорва и Потаповского (рис. 2 а). Береговая линия этого участка сильно изрезана, осложнена четырьмя глубоко вдающимися в сушу заливами, разделенными между собой устьевыми выступами трех рукавов – рукава Белгородского, давно отмершего рукава Полуночного и рукава Шабаш. Территория участка в основном низменная, заболоченная. С запада его окаймляют древние песчаные валы – бывшие морские косы, поросшие редким лесом, а на востоке вокруг рукава Прорва

также выходят на поверхность пески, поросшие редким кустарником. Вся же центральная часть участка покрыта тростниковыми зарослями.



Рис. 1. Схема участков дельты Дуная за 2002–2016 гг.

На этом участке, как и в предшествующий период 1972–2002 гг. [5], несмотря на волновой размыв выступающих частей МКД, преобладала аккумуляция наносов. С 2002 по 2016 гг. прирост площади на этом участке составил $1,58 \text{ км}^2$, а размыв $0,79 \text{ км}^2$, таким образом, за период исследования площадь здесь увеличилась на $0,79 \text{ км}^2$. На западном берегу Жебриянской бухты продолжала нарастать Жебриянская коса (третья из веера кос, вторгающихся в залив). Остров Белгородский, существовавший против устья одноименного рукава, расширился, присоединился к суше и стал полуостровом.

По «исторической линейке» снимков в *Google Earth* удалось установить, что этот остров окончательно присоединился к основному массиву дельты на стыке 2012 и 2013 годов. Берега заливов соседних с полуостровом Белгородским заливов все больше и больше зарастают тростником и заболачиваются, отмечается равномерно распределенный вдоль них прирост. Площадь в этом месте увеличилась на $0,67 \text{ км}^2$. Из крупных изменений заметно также образование новой косы западнее устья рукава Прорва. Площадь этой косы составляет $0,25 \text{ км}^2$.

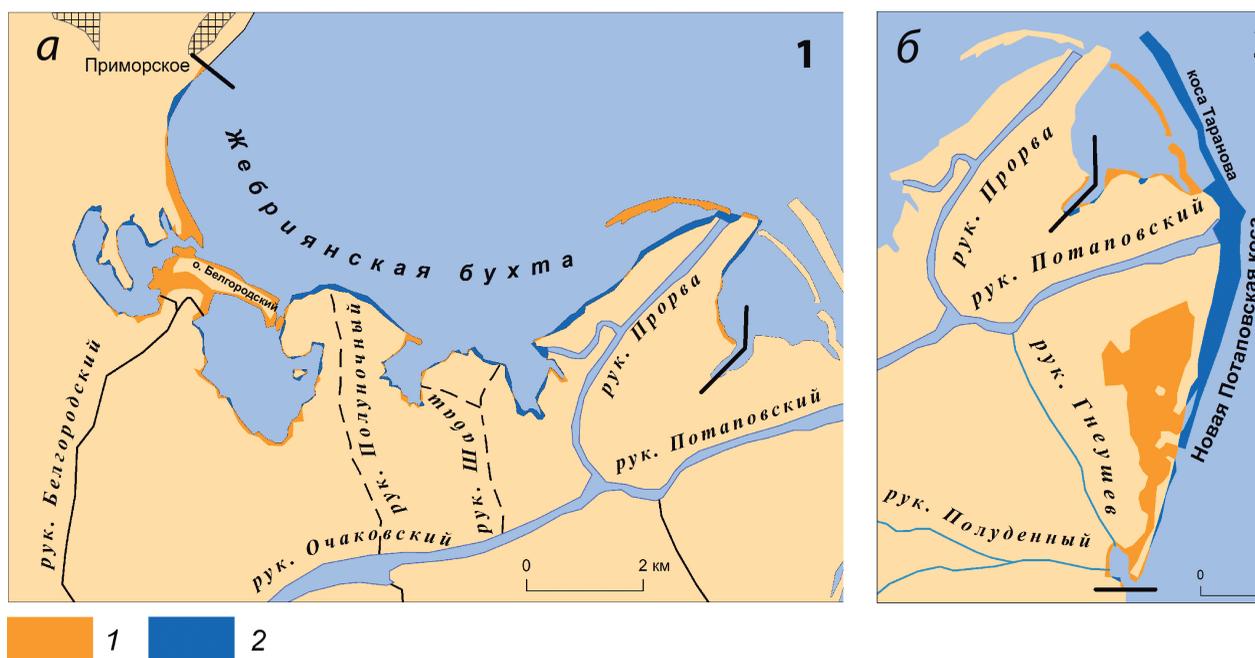


Рис. 2. а – Участок №1; б – Участок №2; 1 – прирост морского края дельты; 2 – размыв морского края дельты

Размыв тоже распределен равномерно, выделяется размыв выступа давно отмершего Полуденного рукава в центре Жебриянской бухты, ее площадь уменьшилась на $0,13 \text{ км}^2$. Протяженная узкая размываемая полоса идет вдоль острова Шабаш, составляя по площади $0,3 \text{ км}^2$.

В целом для участка характерна тенденция к выравниванию МКД в будущем за счет отчленения вдающихся в сушу заливов и превращения их в лагунные озера. Нарушает ее лишь образование новой косы западнее устья рукава Прорва.

Второй участок протягивается от середины залива между устьями рукавов Прорва и Потаповского (конца первого участка) до правого берега устья рукава Полуденного (рис. 2 б). Он охватывает устье рукава Потаповского с аккумулятивными косами к северу от него (коса Таранова) и к югу (Новая Потаповская коса). Представляет собой низменный и заболоченный берег, еще недавно осложненный вдающимся в сушу заливом, а теперь выровненный. В центре участка расположено недавно образовавшееся лагунное озеро.

На этом участке дельты произошли достаточно существенные изменения. За 2002–2016 гг. прирост дельты составил $3,31 \text{ км}^2$, размыв $1,94 \text{ км}^2$, а площадь дельты увеличилась на $1,37 \text{ км}^2$. Коса Таранова, которая располагалась по левую сторону от устья рукава Потаповского и отделяла залив между ним и рукавом Прорва, мигрировала ближе к берегу на 600 м , в ней образовались многочисленные разрывы. Ширина ее в южной части уменьшилась с 200 до 100 м , а в северной она представляет собой цепочку островов. Возможно, эта коса в случае ее нарастания в будущем окончательно отчленит залив и образу-

ется новое лагунное озеро. В то же время Новая Потаповская коса справа от устья рукава Потаповского продолжила нарастание, ее восточный берег подвергся сильному размыву, а сама коса переместилась к суше на 250–300 м, тем самым отчленив лагуну и превратив залив в лагунное озеро. Однако, небольшой прорыв (шириной всего 30 м) в косе есть, и не исключено, что во время сгонно-нагонных явлений это озеро все еще может сообщаться с морем. Пока лагуна обводнена, ее берега поросли тростником, так же как и отделяющая ее коса. В сравнении с прошлым периодом исследования, наблюдавшийся ранее размыв баровых островов в устье рукава Потаповского прекратился, прирост площади Новой Потаповской косы сохранил и даже ускорил свой темп. Прекратился размыв берегов бывшего залива, превратившегося в лагуну, по причине его почти полной блокировки. Южная оконечность Новой Потаповской косы блокирует устье рукава Правого Гнеушева. Рукав Левый Гнеушев не функционирует, полностью зарос.

Участок №3 протягивается от правого берега устья рукава Полуденного до левого берега рукава Быстрого (рис. 3 а). Это ровный, слегка вогнутый участок берега, для которого характерно наличие береговых валов, хорошо различимых на снимках сверхвысокого разрешения. В северной части насчитывается 4–5 валов, в южной их полоса расширяется до 500 м и выделяется 7–8 валов. Ближние к морю песчаные валы, полоса песка имеет ширину до 20 м. Площадь этого участка за 2002–2016 гг. увеличилась на 1 км², а размыв отсутствует. Прирост отмечается по всему морскому краю участка, плавно увеличиваясь к южной части. На этом участке дельты раньше подходили к морю ещё два рукава – Средний и Песчаный. Их заросшие русла до сих узнаваемы на снимках, а устьевые конусы выноса упираются во вдольбереговые валы, свидетельствуя, что со времени образования валов рукава не функционировали. В 1972–2002 гг. на этом участке при сравнении космических снимков был зафиксирован размыв, отмечался он и на некоторых профилях полевых наблюдений [1], поэтому предполагалось, что и в дальнейшем он, возможно, продолжится. Однако в итоге и в этом месте берег нарастал, что подтверждает и просмотр истории снимков сверхвысокого разрешения в *Google Earth*.

Четвертый участок начинается у левого берега устья рукава Быстрого, а кончается у правого берега рукава Восточного. Это самый маленький по протяженности, но весьма динамичный участок (рис. 3 б), характерную особенность которого составляет коса Птичьей. Территория участка низменная, заболоченная, с зарослями тростника. Но вблизи берега протягивается полоса береговых валов шириной 500 м.

Рукав Быстрый – главный судоходный выход в море из Украинской части дельты. Левый устьевой выступ Быстрого между 2011 и 2012 гг. выдвинулся в море на 300 м (к береговым валам более северного участка №3 присоединился небольшой остров). От этого выступа в море построена дамба, вначале полукруглая, а затем прямолинейная, направленная на юго-восток. Дамба защитила устье рукава Быстрого от размыва, который отмечался здесь раньше. Благодаря дамбе поток наносов из рукава Быстрого следует в южном направлении, что обеспечивает питание Птичьей косы.

На этом участке дельта приросла на 0,89 км², а размыв составил 0,43 км². Таким образом, площадь участка выросла на 0,46 км². Все изменения связаны с Птичьей косой. Она сформировалась из продуктов размыва бара рукава Быстрого в течение нескольких лет между 1991 и 1998 гг. [5]. В сентябре 2002 г. по результатам полевых съемок В. Н. Михайлова длина косы была 3,8 км, а ширина составляла от 100 до 200 м. В целом размеры косы к 2014 г. не изменились, хотя коса разделилась на две части. Но положение косы изменилось – благодаря размыву мористого края и нарастанию ближнего к суше, коса перемещается к берегу и в 2013 г. в средней части причленилась к нему. Но к 2016 г. северная часть косы стала примерно в 2 раза шире.

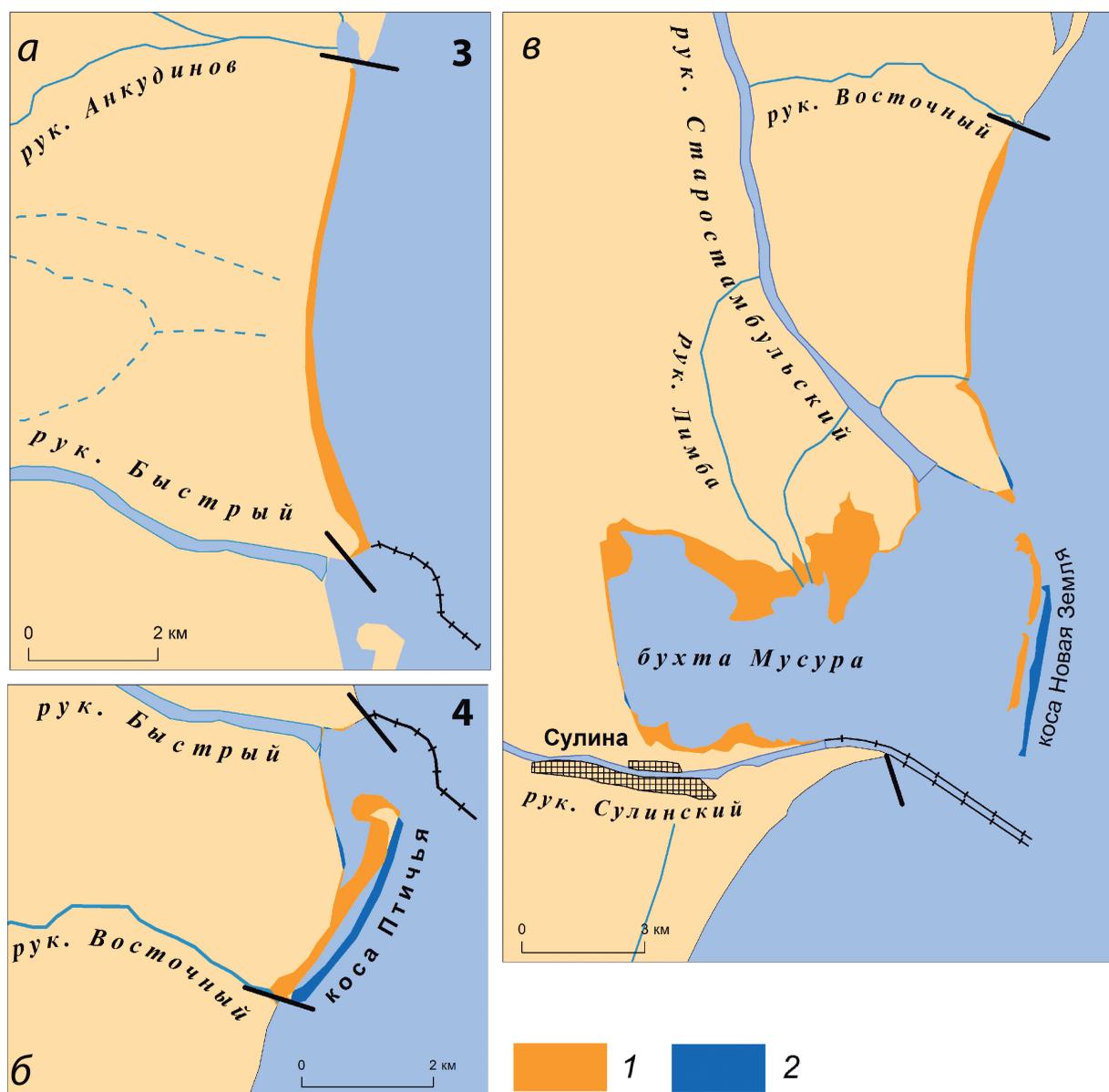


Рис. 3. а – Участок №3, б – Участок №4, в – Участок №5. Усл. обозн. см. рис. 2

Участок №5 простирается от правого берега рукава Восточного до левого берега устья Сулинского рукава. Это последний и самый протяженный участок Килийской дельты, на котором выходит в море Старостамбульский рукав (рис. 3 в). Для северной части этого участка характерен ровный, слегка вогнутый песчаный берег с береговыми валами. Южная часть представляет собой низменный, сильно заболоченный берег с глубоко вдающейся в сушу бухтой Мусура, блокированной косой Новая Земля. Побережье бухты сильно заросло тростником.

Именно этот участок дельты лидирует по приросту – $9,54 \text{ км}^2$, что составляет почти 60% прироста Килийской дельты. При этом размыв здесь составил всего $0,81 \text{ км}^2$, а площадь дельты в итоге увеличилась на $8,73 \text{ км}^2$. В северной части этого участка по всему морскому краю дельты тянется полоса прироста шириной в среднем 150 м. Здесь так же, как и на участке №3, на предыдущем этапе исследований по космическим снимкам за период 1972–2002 гг. отмечался размыв, однако, по нашим данным за 2002–2016 гг. на нем проявилась аккумуляция, и снимки сверхвысокого разрешения в *Google Earth*, на которых видны серии береговых валов, подтверждают это. Материал для прироста обеспечи-

вается благодаря резкому повороту на юг мутных вод рукава Восточного, устье которого блокируется южным окончанием Птичьей косы и ее подводным продолжением.

Южнее устья Старостамбульского рукава коса Новая Земля, длиной более 4 км и шириной от 20 до 150 м, сформированная наносами этого рукава в период 1991–2002 гг., переместилась в северо-западном направлении к 2016 г. на 400 м. В разные годы за период 2002–2016 гг. она была разделена проранами на отдельные острова. Площадь косы осталась примерно прежней.

В южной части участка расположена глубоко вдающаяся в сушу бухта Мусура. Значительное увеличение площади участка №5 обеспечивается разрастанием зарослей тростника на мелководье вдоль берегов бухты, а также, в меньшей степени, аккумуляцией материала в этой бухте, в частности, по обоим сторонам от устья рукава Лимба. Прирост в основном сосредоточен на северном – 6,7 км² и южном – 1 км² берегах бухты.

По сравнению с 1972–2002 гг. прирост дельты на этом участке ускорился. В Килийской дельте в целом прирост составил 16,32 км², а размыв 3,97 км². В итоге дельта приросла на 12,35 км², из них 71% приходится на пятый участок. За весь период исследования с 2002 по 2016 гг. Килийская дельта прирастала со среднегодовой скоростью 1,17 км²/год, а размыв составлял 0,28 км²/год. По этим данным можно заключить, что по сравнению с 1972–2002 гг. прирост дельты ускорился в 2,25 раза, а размыв в 1,5 раза. Однако, если в данных о размыве учесть перемещение кос, то на берегах размыв уменьшился. В то же время, по сравнению с периодом за 1883–1972 гг. общий прирост дельты замедлился с 2 км²/год до 0,89 км²/год (т. е. в 2,25 раз).

Участок №6 располагается от правого берега устья Сулинского рукава до левого берега устья Георгиевского рукава (рис. 4 а).

Это ровный, низменный берег, слегка вогнутый на севере у правого устьевых выступа Сулинского рукава. Вдоль побережья тянется пляж шириной 50–150 м. Со стороны суши пляж имеет волнистую границу, сформированную ветро-волновыми заплесками песка, что свидетельствует о действии морского волнения. В северной части участка пляж примыкает к низменным заболоченным и заозеренным равнинам дельты, а в южной к берегу под косым углом подходят серии параллельных гряд – древних береговых валов и морских кос, срезанных абразионными процессами на давних этапах формирования дельты [8].

На этом отрезке дельты прирост составил 0,84 км², а размыв 1,71 км², что в итоге привело к уменьшению площади участка на 0,87 км². Весь прирост сосредоточен на самом севере участка, у правого устьевых выступа Сулинского рукава, у начала Сулинских молв. Узкая полоса размыва шириной 100–150 м. простирается на 23 км по всему остальному морскому краю этого участка дельты. Отступление берега происходит в связи с активным волновым размывом – с одной стороны, и отсутствием значительного стока наносов, который у Сулинского рукава невелик (16% твердого стока Дуная) [9]. Поступающий из Сулинского рукава твердый сток отклоняется Сулинскими молами и уносится в море на 4 км от берега. [6] Лишь вихревое движение мутных вод, перехлестывающих через южный мол, обеспечивает поступление наносов к берегу моря в районе Сулины и их аккумуляцию [7]. В предыдущие годы отступление берега на этом участке было еще сильнее – 11–17 м/год в 1883–1972 гг. и 15 м/год в 1972–2002 гг., против 7–10 м/год за исследуемый период.

Последний участок №7 начинается от правого берега устья рукава Георгиевского до южной оконечности всей дельты – бывшего гирла озера-лагуны Разельм (рис. 4-б). Участок представляет собой ровный слабовогнутый низменный берег с крупной косой Сахалин к югу от устья Георгиевского рукава, сформированной наносами этого рукава. Судьба этой косы прослежена румынскими специалистами с середины XIX в. [7]. Вдоль



Рис. 4. а – Участок №6; б – Участок №7; Усл. обозн. см. рис. 2

остального побережья тянется песчаный пляж. В восточной части участка граница пляжа со стороны суши изрезана, сформирована волновым заплеском и ветровым надувом песка; в юго-западной части вдоль берега тянутся береговые валы.

На этом участке площадь прироста равняется $4,75 \text{ км}^2$, а размыва $4,63 \text{ км}^2$. В целом же, участок прирос всего на $0,12 \text{ км}^2$. Основные изменения связаны с косой Сахалин, которая мигрировала ближе к суше, а ее часть стала островом. Место отделения косы от суши с внутренней стороны заболочено, на мелководье заросло тростником. Длина косы увеличилась на $1,5 \text{ км}$, а ширина осталась прежней. Это единственное место участка №7, где зафиксирован прирост площади. Южнее косы Сахалин, примерно до середины участка простирается абразионный берег с узкой полосой размыва шириной около $50\text{--}70 \text{ м}$., вызванного ветро-волновыми процессами. Западная половина участка стабильна, положение береговой линии практически не изменилось. По сравнению с 1972–2002 гг. темп роста и приближения к берегу косы Сахалин остался прежним. А западнее косы начался небольшой размыв берега, которого ранее не было.

Заключение

Исследование изменений морского края дельты Дуная за 2002–2016 гг. показало, что дельта Дуная продолжает расти. Прирост всей дельты за 2002–2016 гг. составил $21,91 \text{ км}^2$, а размыв $10,31 \text{ км}^2$. Среднегодовая скорость прироста по всей дельте – $1,57 \text{ км}^2/\text{год}$, а размыва $0,74 \text{ км}^2/\text{год}$. В целом, площадь дельты увеличилась на $11,6 \text{ км}^2$. При этом, весь прирост площади сосредоточен в Килийской дельте. Это объясняется тем, что Килийский рукав обеспечивает более 50% стока воды, и более 60% стока наносов дельты, а также связано с более разветвленной сетью рукавов и водотоков.

Сравнение с материалами исследований динамики дельты за предшествующие годы показывает следующее. С конца XIX века по 1972 год очень активно выдвигалась Килийская дельта ($2 \text{ км}^2/\text{год}$), а на участке между Сулинским и Георгиевским рукавами происходило значительное отступление берега ($11\text{--}17 \text{ м}/\text{год}$). В 1972–2002 гг. выдвигание Килийской дельты замедлилось ($0,33 \text{ км}^2/\text{год}$), а темп отступления берега между Сулинским и Георгиевским рукавами сохранился ($14\text{--}15 \text{ м}/\text{год}$). В 2002–2016 гг. по сравнению с 1972–2002 гг. рост Килийской дельты не только продолжался, но и усилился. Можно сделать следующие выводы:

1. Дельта Дуная продолжает свое развитие и увеличение площади, однако, в основном за счет заполнения неровностей морского края (зарастание отчленяемых устьевыми косами лагун), и в значительно меньшей степени за счет выдвигания устьевых участков.
2. Все старые ареалы прироста сохранились, и к ним добавились новые – в Жебриянской бухте, западнее от устья рукава Прорва (образование новой косы).
3. Скорость прироста дельты по сравнению с периодом 1972–2002 гг. увеличилась в 2 раза в среднем по всей дельте.
4. Скорость фактического размыва дельты (исключая перемещение кос) сократилась примерно в 2 раза; число ареалов размыва также значительно уменьшилось.
5. Размыв между Сулинским и Георгиевским рукавами сохранился, но темп его замедлился в 2 раза.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ 16-05-00288. Авторы выражают благодарность профессору В. Н. Михайлову за инициативу проведения исследования и ценные консультации.

Список литературы

- [1] Гидрология дельты Дуная / Под ред. проф. В. Н. Михайлова М.: ГЕОС, 2004. 448 с.
- [2] Гидрология устьевой области Дуная / Под ред. Я. Д. Никифорова и К. Дьякону. М.: Гидрометиздат, 1963. 383 с.
- [3] *Ефремова О. Н., Кравцова В. И.* Изучение динамики дельты Дуная с использованием космических снимков // Исследование Земли из космоса 1981. №5. С. 90–96.
- [4] *Кравцова В. И., Ушакова Л. А., Чекалина Т. И.* Изучение динамики дельты Дуная с использованием материалов космической съемки // Геоморфология 1979. №1. С. 59–67.
- [5] *Михайлов В. Н., И. А. Уваров, М. В. Корнилов, М. В. Михайлова.* Динамика морского края дельты. В кн: Гидрология дельты Дуная. М.; ГЕОС, 2004. С. 346–361
- [6] *Dan S., Stive M. J. F., Walstra D-J. R., Panin N.* Wave climate, coastal sediment budget and shoreline changes for the Danube Delta // Marine Geology 2009 (262), pp. 39–49.
- [7] *Giosan L., Donnelly J. P. at all* RIVER DELTA MORPHODYNAMICS: EXAMPLES FROM THE DANUBE DELTA / River Deltas—Concepts, Models, and Examples SEPM Special Publication №83, 2005, pp. 393–411.
- [8] *Stanica A., Dan S., Jimenes J. A., Ungureanu G. V.* // Ocean & Coastal Management 2011 (54) pp. 898–906.
- [9] *Stanica A., Panin N.* Present evolution and future predictions for the deltaic coastal zone between the Sulina and Sf. Gheorghe Danube river mouths (Romania) // Geomorphology 2009 (107) pp. 41–46.

References

- [1] *Gidrologiya del'ty Dunaya / Pod red. prof. V. N. Mihajlova* М.: GEOS, 2004. 448 pp..
- [2] *Gidrologiya ust'evoy oblasti Dunaya / Pod red. YA. D. Nikiforovai K. D'yakonu.* М.: Gidrometizdat, 1963. 383 pp.
- [3] *Efremova O. N., Kravcova V. I.* Izuchenie dinamiki del'ty Dunaya s ispol'zovaniem kosmicheskikh snimkov // Issledovanie Zemli iz kosmosa, 1981. №5. p. 90–96.
- [4] *Kravcova V. I., Ushakova L. A., Chekalina T. I.* Izuchenie dinamiki del'ty Dunaya s ispol'zovaniem materialov kosmicheskoy s'emki // Geomorfologiya, 1979. №1. p. 59–67.
- [5] *Mihajlov V. N., I. A. Uvarov, M. V. Kornilov, M. V. Mihajlova.* Dinamika morskogo kraja del'ty. V kn: Gidrologiya del'ty Dunaya. М.; GEOS, 2004. p. 346–361
- [6] *Dan S., Stive M. J. F., Walstra D-J. R., Panin N.* Wave climate, coastal sediment budget and shoreline changes for the Danube Delta // Marine Geology 2009 (262), pp. 39–49.
- [7] *Giosan L., Donnelly J. P. at all* River delta morphodynamics: Examples from the Danube delta / River Deltas—Concepts, Models, and Examples SEPM Special Publication №83, 2005, pp. 393–411.
- [8] *Stanica A., Dan S., Jimenes J. A., Ungureanu G. V.* // Ocean & Coastal Management 2011 (54) pp. 898–906.
- [9] *Stanica A., Panin N.* Present evolution and future predictions for the deltaic coastal zone between the Sulina and Sf. Gheorghe Danube river mouths (Romania) // Geomorphology 2009 (107) pp. 41–46.

Авторы

Инюшин А. Н. — бакалавр географии по специальности картография и геоинформатика, магистрант 2-го года обучения.

Кравцова В. И. — ведущий научный сотрудник кафедры картографии и геоинформатики, доктор географических наук.

Authors

Inyushin A. N. — Bachelor of Geography in the specialty of cartography and geoinformatics, Master of 2-nd year.

Kravtsova V. I. — Leading Scientist of the Department of Cartography and Geoinformatics, Doctor of Geographical Sciences.