

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 528.8:556.54

В.И. Кравцова¹, В.Н. Михайлов²**ДЕЛЬТА ЗАМБЕЗИ И ЕЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВОДОХРАНИЛИЩ³**

Рассмотрена история освоения и исследований дельты Замбези, охарактеризованы изменения дельты в связи с созданием крупных водохранилищ в бассейне реки. По результатам дешифрирования космических снимков изучена морфология дельты, составлена карта современного состояния экосистем, а для отдельных участков дельты — карты изменений экосистем под воздействием регулирования стока реки водохранилищами.

Ключевые слова: Замбези, дельта, экосистемы и их изменения, водохранилища, космические снимки, карта.

Введение. Замбези — четвертая по длине и площади бассейна река Африки после Конго, Нила и Нигера. Ее исток находится в Анголе на высоте около 1500 м над уровнем моря, река протекает через Намибию, Замбию, Зимбабве и Мозамбик, впадает в Индийский океан, образуя устьевую область дельтово-эстуарного типа с обширной много рукавной дельтой, которая выдвинута от вершины до морского края на 120 км и имеет протяженность вдоль берега 220 км; площадь дельты 11 180 км² [4]. Бассейн Замбези находится в субэкваториальном и тропическом климатических поясах. В северной части ее бассейна господствуют муссоны, в южной части проявляется действие восточных пассатов, здесь жарко и сухо. В более влажной северной части бассейна годовая сумма осадков достигает 1400 мм, в более аридной южной уменьшается до 700 мм [10] при их резких колебаниях в течение года от 5—10 мм в самый сухой месяц до 200—300 мм в наиболее влажные месяцы. Средние годовые значения температуры воздуха 24 °С, средние значения максимальной температуры 27—30 °С, а средние минимальные составляют ~18 °С.

Все реки бассейна Замбези имеют преобладающее дождевое питание и в основном муссонный характер водного режима, в котором до создания водохранилищ четко выделялись две фазы — летнее муссонное половодье во влажный сезон, на который приходилось 70% годового водного стока, и продолжительный период маловодной межени в сухой сезон (30% стока).

Дельта Замбези находится в зоне тропических и субтропических саванн Южной Африки. Береговые районы Мозамбика занимает затопляемая саванна. Растительность этого болотного экорегиона представляет собой сочетание травянистых саваннных сообществ на

сезонно затопляемых равнинах дельты и заболоченных лесов по берегам рек, рукавов дельт, стариц, озер, лагун. Постоянно обводненные участки заняты тростниковыми болотами, которые при уменьшении обводненности сменяются травяными болотами. В прибрежной зоне распространены мангровые и дюнные леса, а в окружении дельты — пальмовые саванны, кустарники и листопадные леса и редколесья.

Дельта Замбези, находящаяся в зоне взаимодействия наземной, пресноводной и морской среды, отличается исключительным биоразнообразием. Здесь обитают буйволы, водяные козлы, зебры, гиппопотамы, слоны, крупные земноводные (нильский крокодил, питон), водные и болотные птицы — пеликан, фламинго, болотный журавль (95% земной популяции) [8]. В районе дельты создан заповедник Марромеу для охраны буйволов.

Главное использование земель сельскохозяйственное. Основные культуры — сахарный тростник, маис, рис, сорго, бобы; в разных частях дельты от 25 до 50% земель занято фруктовыми садами и кокосовыми пальмами.

Постановка проблемы. Современное состояние природы дельты Замбези, происходившие в ней с середины прошлого века существенные изменения связаны с созданием крупных водохранилищ в бассейне реки и событиями продолжавшейся два десятилетия гражданской войны. В 1959 г. в среднем течении Замбези, в 850 км от устья, было создано одно из крупнейших в мире водохранилище Кариба, а в 1974 г., в 400 км ниже по течению, — водохранилище Кахора-Баса. Оба водохранилища с гидроэлектростанциями для обеспечения электроэнергией Замбии, Зимбабве, ЮАР и Мозамбика. По последним данным, площадь,

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, лаборатория аэрокосмических методов, вед. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: valentinamsu@yandex.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра гидрологии суши, ст. науч. с., докт. геогр. н.; e-mail: vn.mikhailov@mail.ru

³ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 13-05-00141) и Программы государственной поддержки ведущих научных школ РФ (проект НШ-22.48.2014.5).

полный и полезный объем водохранилища Кариба составляют 5,6 тыс. км², 160,3 и 46,0 км³ соответственно, а для водохранилища Кахора-Баса — 2,7, 63,0 и 51,8 км³. Сооружение водохранилищ изменило величину и режим стока реки, для которого прежде были характерны резкие сезонные колебания с ежегодным затоплением дельты и частыми наводнениями. Годовой водный сток Замбези, по нашим приближенным оценкам, сократился (в основном из-за потери воды на испарение с поверхности водохранилищ) с 100,2 до 69,7 км³/год, т.е. на 30,5 км³/год, или на 30,4%. Заметно уменьшился сток (с 70,5 до 29,0% годового) в период половодья. Доля стока самого многоводного месяца (апреля) сократилась с 22,8 до 11,7% годового; в еще большей степени возросла доля стока самого маловодного месяца (ноября) — с 1 до 5,7% годового.

Сток Замбези потерял естественный режим, регулярное затопление дельтовых равнин в половодье (в сезон дождей) прекратилось. Последовало общее осыхание территории, сократилась площадь болот, замещенных травянистой саванной. В результате отложения наносов в водохранилищах и на пойме нижней Замбези существенно уменьшился сток наносов реки. По оценкам работы [11], в дельту в естественных условиях в среднем поступало в год около 20 млн м³ наносов, а в начале XXI в. — только 0,7—0,8 млн м³. Приносимые ранее с половодьем ил и питательные вещества уже не обогащали почвы, началось повышение уровня и осолонение грунтовых вод. Резкое уменьшение водного стока привело к сокращению площади мангровых лесов, а уменьшение выноса ила и минеральных элементов — к уменьшению на 60% вылова креветок в устье реки [13].

При сооружении плотин для водохранилищ, кроме обеспечения работы ГЭС, преследовалась цель предотвращения крупных наводнений в дельте Замбези, однако они хотя и реже, но продолжались. Во время сильного наводнения 1978 г. погибли 45 человек, 75 тыс. жителей пришлось переселить из дельты. Наводнение нанесло ущерб хозяйству на 62 млн долл. США, пострадавшие земли потребовали рекультивации и мелиорации, на что позже было затрачено еще 40 млн долл. [8]. В 1997 г. произошло наводнение, которое было связано с паводком на р. Шире, вытекающей из оз. Ньяса [13], а в 2003 г. — наводнение, вызванное сильными дождями в Юго-Восточной Африке.

Дополнительное осложнение в развитие дельты внес ход общественно-политических событий. В 1960-х гг. начались народные выступления против колониального режима (Мозамбик был колонией Португалии). В 1975 г. страна получила независимость, однако жизнь здесь долго не налаживалась, началась гражданская война, которая окончилась лишь в 1992 г. В результате этих событий было разрушено сельскохозяйственное производство. Верхнюю зону дельты покинула основная часть населения, поля стали зарастать кустарником. Сильный урон сельскому хозяйству нанесли и

продолжавшиеся наводнения. Одним из последствий описанных событий стало частичное восстановление условий для развития дикой природы — возросло поголовье буйволов, что, однако, привело к распространению хищнической коммерческой охоты.

В середине 1990-х гг. жизнь людей в дельте начала налаживаться. После восстановления хозяйства в начале 2000-х гг. в прибрежных районах, в частности в окрестностях порта Шинде, плотность населения достигла 40 человек/км², а во внутренних районах дельты — 11—13 человек/км². В последнее десятилетие созданы мощные сельскохозяйственные предприятия в средней части дельты в районе пос. Валенте, где размещалось основное производство сахарного тростника в довоенный период. Зброшенные во время гражданской войны плантации стали рекультивировать с использованием современных технологий. В нижней части дельты статус особо охраняемой территории получил заповедник Марромеу. Но поскольку поголовье диких животных увеличилось, этот заповедник в сухой сезон стали использовать для административно контролируемой охоты — сафари. В настоящее время предпринимаются усилия по признанию в соответствии с Рамсарской конвенцией дельты Замбези водно-болотными угодьями международного значения.

Таким образом, в дельте Замбези сложился очень сложный комплекс разнообразных факторов: природная резкая сезонная изменчивость водного стока и увлажненности, подверженность дельты крупным наводнениям изменяются под воздействием крупных водохранилищ, что происходит на фоне динамичной общественно-политической обстановки и активизации хозяйственной деятельности.

Чтобы следить за изменениями экосистем дельты, нужна надежная фиксация их современного состояния, что в наше время обеспечивается космическими снимками, которые частично можно использовать и для ретроспективного мониторинга. Цель наших исследований — на основе анализа космических снимков составить карту современного состояния экосистем дельты Замбези, отражающую влияние водохранилищ, а также по разновременным материалам выборочно проследить изменения экосистем за время существования водохранилищ.

Оценка последствий сооружения и эксплуатации этих водохранилищ для водного режима, русловых процессов и экологических условий в нижнем течении Замбези и дельте представляет не только региональный, но и общетеоретический интерес, так как реакция низовьев рек и речных дельт на крупномасштабное гидротехническое строительство в бассейнах рек очень сложна и пока изучена недостаточно.

Материалы и методы исследований. Гидрологические и морфологические процессы на р. Замбези изучены недостаточно, мешали разобщенность стран в бассейне реки, колониальный режим в этих странах в течение долгого времени и его последствия. Дельте Замбези долгое время вообще не уделяли внимания. Проведению

полевых исследований в дельте препятствовали также сложная система рукавов и протоков, обширные болота, густые мангровые заросли, труднодоступность некоторых районов, а также отсутствие специалистов в этой области науки. Специальных публикаций, посвященных дельте Замбези, в европейских и африканских научных изданиях не было. В отечественной литературе этой дельте посвящено всего две страницы в монографии И.В. Самойлова [6].

Научный интерес к гидрологическому режиму и морфологии нижней Замбези и дельты реки существенно повысился после сооружения на средней Замбези двух крупных водохранилищ — Кариба (1959) и Кахора-Баса (1974). Для оценки их воздействия на дельту Замбези неоднократно проводились экологические исследования. Наиболее полно они освещены в многотомных электронных публикациях BFA (Фонда биоразнообразия Африки), в том числе № 3 [31] и 8 [8], посвященные биоразнообразию болот. В одном из разделов последнего выпуска, относящегося к экорегиону “Болота бассейна Замбези” (т. III, ч. 2), рассмотрены изменения ландшафтов и использования земель в дельте Замбези. Для характеристики состояния дельты в прошлом в нем использованы материалы аэрофотосъемки 1960, 1972, 1980 гг., которые сопоставлены с материалами съемки со спутника Landsat-7 в 1999 г. Из предшествующих работ, охарактеризованных в [8], наибольший интерес представляет отчет работ Шведской энергетической компании “SWECO/SwedPower” [12], в ходе которых было выполнено картографирование земель дельты с выделением 15 типов поверхности по снимкам MSS/Landsat (1981), что дополнило временной ряд исследований и позволило проследить изменения экосистем дельты — сокращение площади болот, их замещение травянистой и пальмовой саванной, уменьшение площади мангров [8, 12]. Учитывая трудности полевых исследований в дельте Замбези, другие исследователи для оценки происходящих в ней изменений также опирались на снимки со спутника Landsat [9, 11]. Некоторые из этих материалов использованы для подготовки иллюстраций к статье.

Современное состояние ландшафтов дельты Замбези хорошо отображается на появившихся в последнее десятилетие космических снимках сверхвысокого разрешения. В статье приведены результаты выполненного авторами анализа и дешифрирования обзорных снимков со спутников Terra/MODIS (2003), Landsat/ETM+ (2002) и детальных снимков QuickBird,

включенных в систему GoogleEarth. При этом авторы руководствовались разработанными в лаборатории аэрокосмических методов географического факультета МГУ приемами дешифрирования и сопоставления космических снимков при изучении динамики дельт [2, 3]. Использование в качестве основы снимков системы GoogleEarth представляет, на взгляд авторов, общий методический интерес, поскольку любой географ может пользоваться космоснимками для получения разнообразной информации об исследуемых объектах. Пример эффективного применения этих снимков — выпущенный недавно атлас “Устья рек России” [5]. Но открывшиеся широкие возможности пока редко используются для тематического картографирования, поэтому методический опыт, накопленный при создании карты экосистем дельты Замбези (включая выявленные при этом затруднения), важен для географов.

Особенность современной системы GoogleEarth — включение в общую “снимковую” оболочку Земли (созданную на базе снимков TM/Landsat) появившихся с 2000-х гг. снимков сверхвысокого разрешения со спутников QuickBird и др. Разрешение 2 м позволяет точнее определять и детальнее изучать объекты местности. Оптимальный анализ по этим снимкам выполняется с увеличением изображения до масштаба 1:2000, в котором еще не сказывается дискретная (пиксельная) структура цифрового изображения. Но результаты такого распознавательного дешифрирования необходимо в дальнейшем отобразить на карте, как правило, значительно более мелкого масштаба, в нашем случае, например, масштаба 1:1 000 000, обеспечивающего охват всей дельты. Таким образом, масштаб исходного и результирующего изображений изменяется в 500 раз. Приемы пошаговой многоступенчатой генерализации при таких переходах разрабатываются сейчас на кафедре картографии и геоинформатики в рамках проблемы мультимасштабного картографирования [7]. Но в случае перехода от QuickBird к Landsat происходит резкий скачок детальности изображения, возникают трудности отображения объектов при работе в среде GoogleEarth, которые еще ждут методического решения, а конкретная работа по составлению карты дает определенный опыт, требующий обобщения.

Результаты исследований и их обсуждение. Дешифрирование космических снимков позволило определить границы дельты (рис. 1) и выявить главные черты ее морфологии, а также выделить основные типы экосистем дельты и составить обзорную карту рас-

Рис. 2. Карта экосистем дельты Замбези: 1 — песчаные аккумулятивные косы и пляжи с пионерной растительностью; 2 — илистые и песчаные осушки, лишенные растительности и участки песков на дельтовых равнинах; 3 — мангровые леса прибрежной зоны; 4 — песчаные гряды реликтовых береговых валов, преимущественно сельскохозяйственно освоенные, с древесной растительностью в межгрядовых понижениях; 5 — сегментная пойма, сильно заболоченная; 6 — дельтовые равнины с папирусными и тростниковыми болотами, затопляемые; 7 — дельтовые равнины с травянистыми и пальмовыми саваннами и прирусловыми редколесьями по берегам многочисленных водотоков и стариц, периодически затопляемые; 8 — сельскохозяйственные земли на дельтовых равнинах и прилегающих территориях. Экосистемы прилегающих территорий: 9 — травянистые и пальмовые саванны на придельтовых равнинах, 10 — травянистые саванны с прирусловыми редколесьями на аллювиальных конусах, 11 — саванные редколесья на возвышенных равнинах, 12 — листопадные леса на расчлененных возвышенностях. Населенные пункты: 1 — Вила-Фонтес, 2 — Валенте, 3 — Шинде, 4 — Келимане

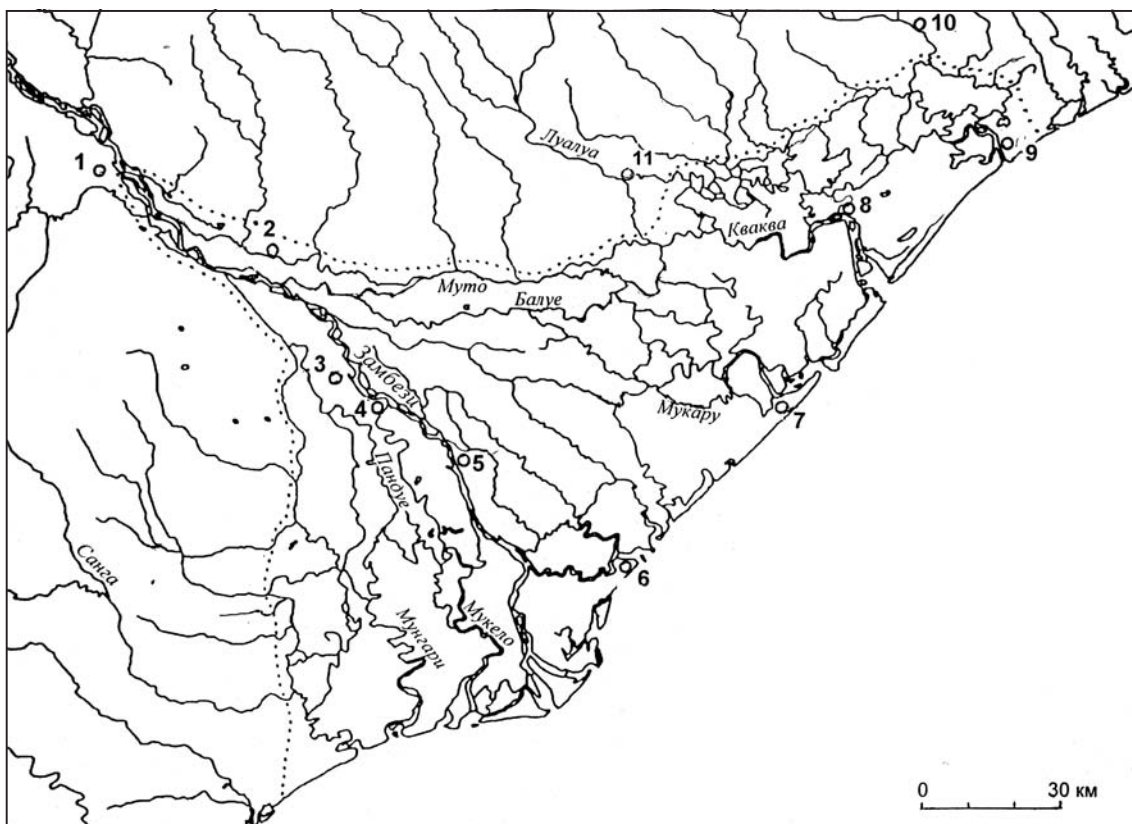
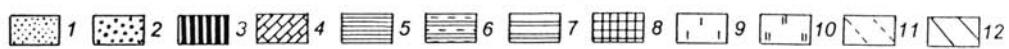
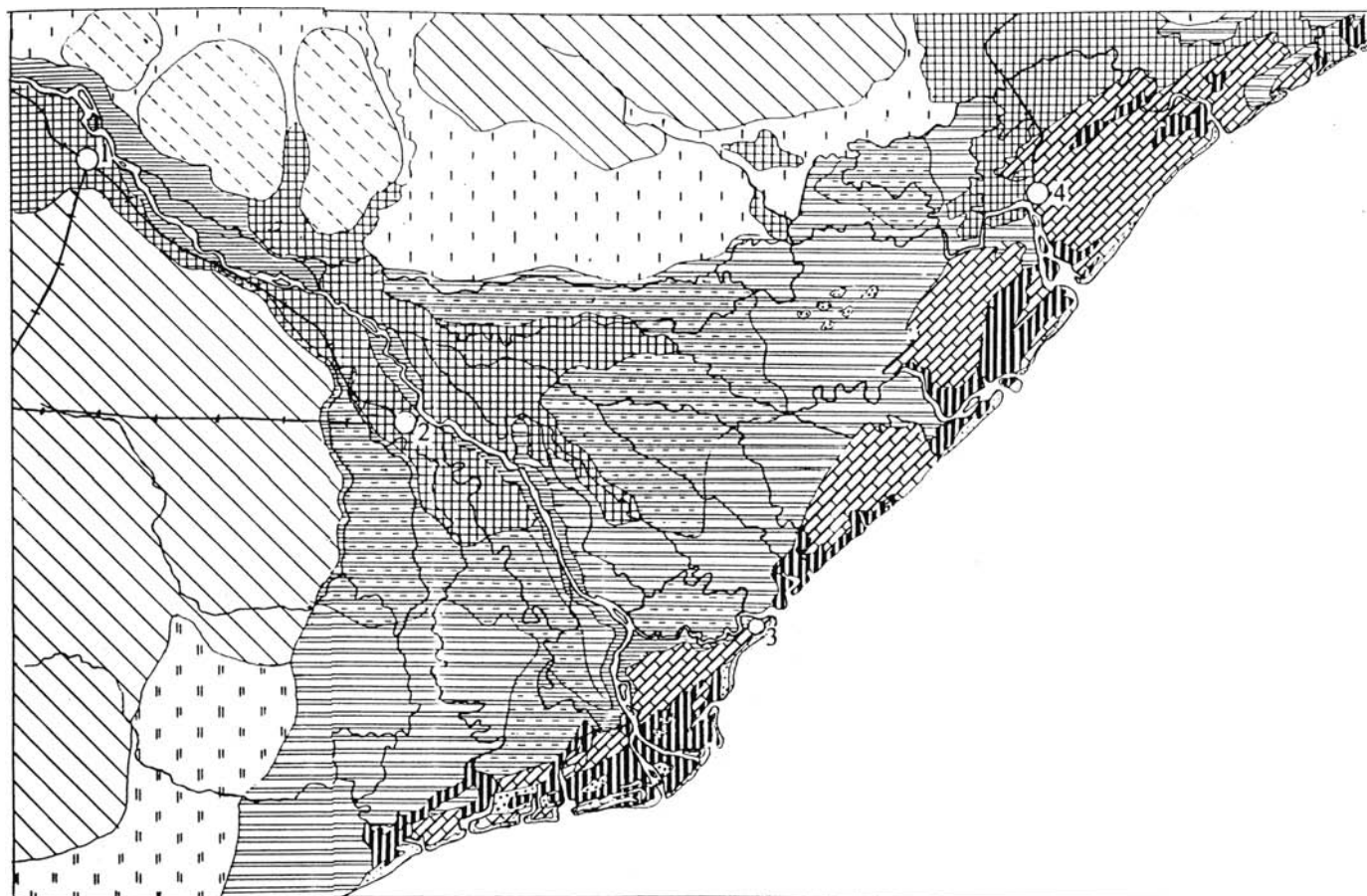


Рис. 1. Гидрографическая сеть в дельте Замбези. Пунктиром показаны границы дельты. Населенные пункты: 1 — Кая (Вила Фонтес), 2 — Модея, 3 — Валенте, 4 — Марромеу, 5 — Луабо, 6 — Шинде, 7 — Микауне, 8 — Келимане, 9 — Макузе, 10 — Намакурра, 11 — Кампу



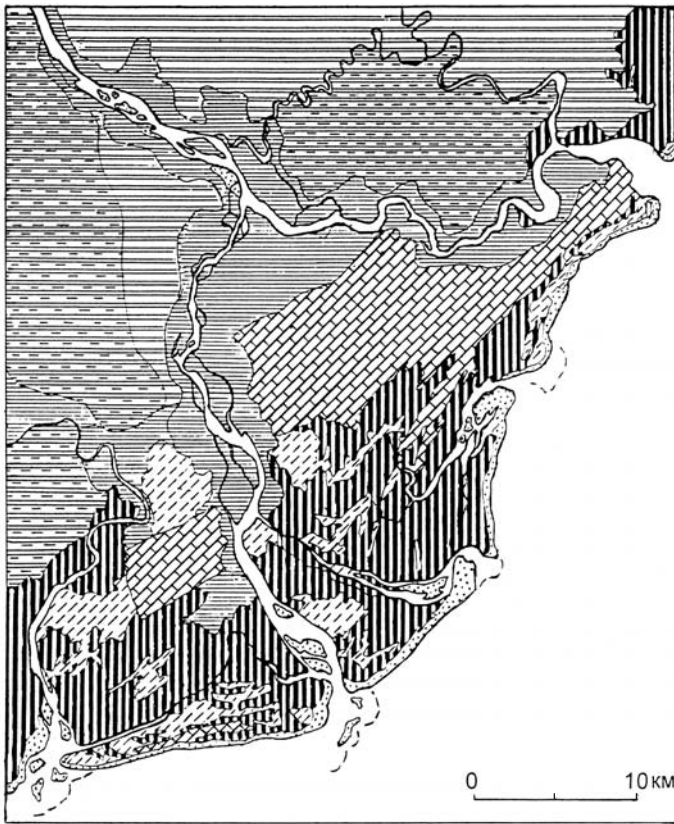


Рис. 3. Карта экосистем дельты Замбези в районе нижнего течения главного рукава: 1 — песчаные аккумулятивные косы и пляжи с пионерной растительностью; 2 — мангровые леса береговой зоны; 3 — песчаные гряды реликтовых береговых валов, частично преобразованные деятельностью приливов, 4 — песчаные гряды реликтовых береговых валов, преимущественно сельскохозяйственно освоенные, с древесной растительностью в межгрядовых понижениях; 5 — сегментная пойма, сильно заболоченная; 6 — дельтовые равнины с папирусными и тростниковыми болотами, затопляемые; 7 — дельтовые равнины с травянистыми и пальмовыми саваннами и прирусловыми редколесьями по берегам многочисленных водотоков и стариц, периодически затопляемые; 8 — гребни подводных береговых баров

пределения экосистем в дельте в целом (рис. 2), а также более детальную карту для района устья главного рукава в приморской (нижней) части дельты (рис. 3).

Границы дельты. Вершиной дельты Замбези можно считать место, где от реки в районе н/п Вила-Фонтес влево отходит небольшой рукав Муто, впоследствии впадающий в океан. Нижней (морской) границей дельты служит сильно изрезанный морской край дельты (рис. 1). С запада дельта Замбези окаймлена поднимающимся над ней уступом плато Черингомо, образующим на северо-западе четкую границу дельты, а южнее уступ плато отходит на запад, где к дельте прилегают конусы выноса небольших рек, стекающих с этого плато, конусы выноса выходят на единую слабонаклонную равнину. Места втекания рек в дельту отмечены изменением формы их русел, которые становятся меандрирующими, ветвящимися, сложно

соединяются между собой. Первые изгибы этих русел характеризуют границу дельты на юго-западе. С севера дельту окаймляют невысокие холмы — отроги плато Черингомо и слабонаклонная равнина у их подножия. Границей дельты на севере служит левый берег северного рукава Муто, а на северо-востоке, где стекающие с холмов речки у их подножия начинают меандрировать, ветвиться и сложно соединяться, — линия, которая ограничивает эту зону, относящуюся к дельте.

Морфология дельты. Дельта Замбези представляет собой относительно молодое образование, в ее морфологическом строении отражаются главные черты истории ее развития. На обзорных космических снимках четко выделяется ее верхняя часть, сформировавшаяся как дельта выполнения морского залива, существовавшего между протягивающимся с юга на север уступом плато Черингомо и отрогами этого плато северо-восточного простирания. Аллювиальные равнины в этой части дельты представляют собой выровненные поверхности на высоте до 50 м над уровнем океана с обширными заболоченными понижениями. Залив постепенно заполнялся речными отложениями, а береговая линия выравнивалась под влиянием морского волнения и вдольберегового потока песчаных наносов, источниками которых служили выносы рукавов дельты Замбези и смежных рек, также впадающих в Мозамбикский пролив. Под воздействием морского волнения из этих выносов сформировались береговые бары, ориентированные, как и преобладающее волнение, на северо-восток. По мере наращивания берега в сторону моря береговые бары превращались в параллельные берегу песчаные гряды с дюнами, образовавшимися на них при перевевании песков.

Как отмечено в [1], среди рядов гряд и понижений между ними (реликтов береговых баров и мелководных лагун) ближайшие к берегу океана гряды самые высокие. Поскольку гребни этих гряд «привязаны» к уровню моря, различия в их высоте свидетельствуют о том, что более древние и удаленные от современного берега гряды формировались при более низком уровне океана. По данным [1], древние гряды находятся не только на суше, но и на дне берегового склона Мозамбикского пролива.

В дельте Замбези древние гряды занимают протягивающуюся вдоль побережья полосу шириной от 3 до 15 км. Эта полоса хорошо выделяется на космических снимках. Гряды немного возвышаются над затопляемыми аллювиальными равнинами внутренней части дельты, и на снимке дельты во время наводнения 2003 г. видно, что они оставались сухими. Широкая полоса гряд разделяется на фрагменты устьями дельтовых рукавов, в районах которых сложно взаимодействуют процессы речной аккумуляции и морские факторы (волнение и приливы). Устьевые участки рукавов имеют эстуарные расширения — результат эродирующей деятельности приливных течений. Вокруг эстуариев образовались мангровые леса и болота.

Характерны сложные коленообразные повороты русел рукавов вблизи их устьев, отражающие историю

формирования приморской зоны дельты; они особенно отчетливо выражены в устьях рукавов Мукару и Кваква. Активное формирование аккумулятивных береговых баров сначала отклоняло русло рукава на северо-восток, затем во время значительного половодья следовал прорыв русла к морю в направлении, перпендикулярном морскому берегу дельты. В последующем формирование новых аккумулятивных кос вновь отклоняло рукав в северо-восточном направлении вдоль берега. Серии таких коленчатых изгибов русла прослеживаются при впадении большинства рукавов дельты в океан.

В устье основного рукава Замбези на космических снимках хорошо отразилось формирование современной небольшой частной дельты выдвижения мористее участка прорыва полосы песчаных гряд, параллельных прежнему берегу. Величина выдвинутости этого нового участка дельты в океан составляет 10 км вдоль главного рукава при протяженности зоны выдвижения вдоль берега около 40 км. Аккумулятивные песчаные береговые бары, сформировавшие этот участок берега, имеют изогнутую форму, что отражает сложное взаимодействие речных и морских процессов. Почти весь этот участок выдвижения дельты занят мангровыми лесами.

Вдоль морского берега на снимках хорошо видна яркая белая линия пляжей и современных аккумулятивных песчаных береговых баров и кос, вытянутых в едином направлении в соответствии с обусловленным волнением вдольбереговым потоком наносов. Рост кос в длину ограничивается очередным впадающим в океан рукавом дельты. Дистальные окончания кос дугообразно изгибаются в сторону суши под воздействием волнения. На снимке видны образующиеся в устьевых створах рукавов и мористее их островные баровые отмели и осередки; хорошо выделяются светлые узкие полосы морской пены на местах забуливания волн над подводными устьевыми барами.

Карты экосистем дельты. Составленные в результате дешифрирования космических снимков карты экосистем дельты Замбези (рис. 2, 3) позволяют охарактеризовать их современное состояние, а сравнение с материалами предыдущих исследований — произошедшие в последние десятилетия изменения экосистем, в основном обусловленные влиянием регулирования стока реки крупными водохранилищами, а также проведенными здесь агротехническими мероприятиями.

По типам поверхности, растительному покрову и соответствующему им использованию земель в дельте выделяется несколько зон: 1) морской край дельты с аккумулятивными песчаными береговыми барами и косами, с мангровыми лесами вдоль морского берега и по берегам приливных эстуариев в устьях многочисленных рукавов дельты; 2) прибрежная зона с сериями параллельных морскому берегу песчаных гряд — реликтовых аккумулятивных береговых баров и кос с сельскохозяйственно освоенными гребнями гряд и

древесной растительностью в межрядовых понижениях; 3) аллювиальные заливаемые равнины внутренней части дельты, занятые травянистыми саваннами с лесной растительностью вдоль русел водотоков, чередующимися с болотами в понижениях рельефа; 4) сельскохозяйственные земли на аллювиальных равнинах в верхней части дельты. Кроме того, на окружающих дельту возвышенностях выделяются травянистые саванны, саванные редколесья и листопадные леса. Каждая зона характеризуется своим комплексом экосистем и их изменений, прослеживающихся с середины прошлого века.

Морской край дельты. Береговая линия дельты расчленяется устьями впадающих в океан рукавов, которых на протяжении морского края дельты насчитывается 14. Вдоль берега протягивается цепь узких песчаных береговых баров и кос шириной от 200 м до 1 км и протяженностью от 10 до 30 км. Каждая коса начинается слева от устьевого створа впадающего в море рукава и заканчивается дистальным расширением у устьевого створа следующего рукава, образующего препятствие для дальнейшего роста косы. Косы в основном не задернованы, освоены лишь пионерной растительностью. Устьевые участки большинства впадающих в океан водотоков, особенно крупных рукавов Мунгари, Мукело, Чинде, Мукару, Кваква, для которых по указанным выше причинам характерна сложная конфигурация в плане с коленчатыми изгибами, имеют эстуарные расширения. Вдоль расширенных устьевых участков этих рукавов в дельту вклиниваются заболоченные мангровые леса, которые занимают также весь участок выдвижения молодой частной дельты в устье главного рукава.

Кроме песчаных кос и мангров на морском крае дельты встречаются также лишенные растительности участки илистой осушки. Такие оголенные участки отмечал при полевых исследованиях в начале 1970-х гг. К. Тинли [14], который считал, что прежде они были заняты манграми, пока отложения ила при высоких приливах их не перекрыли и не вызвали осолонение, токсичное для мангров (что подтверждено гибнущими деревьями на краю дельтовой равнины). Когда же оголенные илистые участки стали подвергаться опреснению под воздействием водного стока, поверхность вновь покрылась мангровой растительностью, хотя и редкой. Это интересное наблюдение проливает свет на динамику мангров — их сокращение в последние десятилетия на 40% [11], когда после создания водохранилищ резко сократился сток воды в рукавах дельты.

На рис. 4 в качестве примера показано изменение контуров распространения мангровых лесов за 1983—2002 гг., выявленное авторами статьи путем сопоставления карты мангров в отчете SWECO (по результатам дешифрирования снимков со спутника Landsat 1983 г. [12]) с современными космическими снимками. На рассматриваемом участке морского края дельты выявлено сокращение площади мангров, но масштабы его в данном случае невелики.

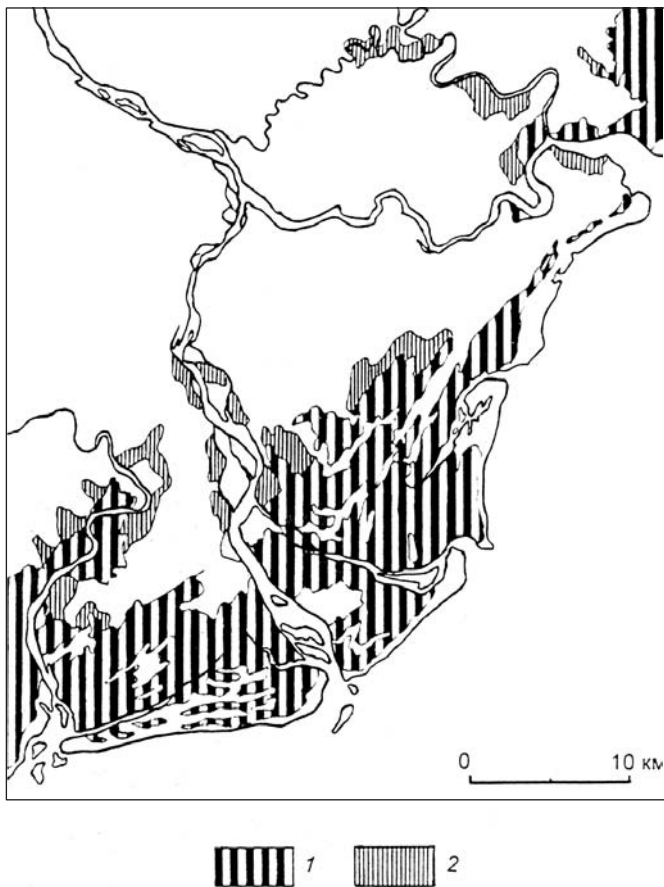


Рис. 4. Изменение распространения мангровых лесов за 1983—2002 гг.: 1 — сохранившиеся мангровые леса, 2 — участки исчезновения мангровых лесов

Прибрежная зона. Характерную особенность дельты Замбези представляет протянувшаяся вдоль берега широкая полоса, включающая серии параллельных песчаных гряд, которые в прошлом представляли собой береговые аккумулятивные формы — береговые бары и косы. Регулярное (возможно, ежегодное) нарастание новых кос и береговых баров увеличивало площадь дельты и перемещало береговую линию в сторону моря. Единая система гряд, протянувшихся вдоль всего морского края дельты, разделена на фрагменты устьевыми участками крупных рукавов, при прорыве к морю размывших песчаные гряды и образовавших между ними коридоры, которые заняла мангровая растительность. Ширина полосы песчаных гряд изменяется, увеличиваясь от 3 км на крайнем западном участке и от 5 км в районе выдвинувшейся молодой частной дельты вблизи рукавов Мукело, главного рукава и Чинде, до 10 км вблизи устья рукава Мукару и до 15 км в нижнем течении рукава Кваква вблизи г. Келимане. Число гряд на этих расширенных участках достигает 100—150, ширина их составляет от 30 до 100 м. К. Тинли [14] отмечал, что изолированные группы старых песчаных гряд встречаются и в 30 км от берега.

При дешифрировании снимков древние гряды выделены нами как песчаные образования внутри

дельты; их линейный облик теперь полностью сnivelирован. Гряды разделены между собой также строго параллельными межгрядовыми понижениями, заболоченными или занятыми древесной растительностью, причем на северо-восток полосы древесной растительности сужаются, вплоть до рядов одиночных деревьев. Вершинные части песчаных гряд почти повсеместно освоены, на них обустроены небольшие сельскохозяйственные поля. В восточной части дельты на грядах видны плантации кокосовой пальмы.

Заливаемые равнины внутренней части дельты. Дельтовый конус, образованный старыми рукавами, веерообразно расходящимися от главного рукава, представляет собой чередование обсыхающих в сухой сезон травянистых и пальмовых саванн на выположенных поверхностях аллювиальных равнин (сочетающихся с древесной растительностью по берегам многочисленных меандрирующих сложноветвящихся русел водотоков) и заболоченных участков с травянистыми, тростниковыми и папирусными болотами в понижениях рельефа. Эти компоненты образуют сложную мозаику, которую в масштабе карты не удалось отобразить, на ней выделены районы преобладания обсохших или заболоченных участков. Вдоль русла главного рукава Замбези и ответвляющегося от него рукава Чинде протягивается неширокая (1—2 км) полоса заболоченной сегментной поймы.

Соотношение площадей обсыхающих саванн, заболоченных участков суши и настоящих болот зависит от заливаемости дельты в дождливый сезон. До зарегулирования стока реки водохранилищами, в середине прошлого века, заболоченность дельты была очень большой, но после сооружения водохранилищ Кариба и Кахора-Баса, когда ежегодное сезонное заливание дельты почти прекратилось, значительная часть дельтовых равнин обсохла и увеличились площади травянистых и пальмовых саванн. Этот процесс хорошо иллюстрируется фрагментами схем дешифрирования снимков 1960 и 1999 гг. на западную часть дельты (рис. 5). На них видно, что на месте широкой полосы мангровых лесов вдоль приливного русла и папирусных болот остались лишь узкие полосы мангров с илистой осушкой, а на месте болот образовалась пальмовая саванна.

Сельскохозяйственные земли дельты. Дельтовые равнины внутренней части дельты, как и песчаные вдольбереговые гряды, в значительной мере освоены в сельскохозяйственном отношении. Вся верхнюю часть дельты по обоим берегам ее главного рукава между н/п Вила Фонтес и Валенте занимают сплошные массивы полей. По правому берегу рукава на юг от Валенте распространяется на 30 км обширный массив крупных полей на рекультивированной территории. Здесь во время гражданской войны поля были заброшены и заросли кустарником, а в последние годы проведена мелиорация территории (на современных снимках высокого разрешения прослеживается сеть мелиоративных каналов) и созданы новые очень крупные массивы полей, освоение которых

возможно лишь при высокой степени механизации. Другой крупный массив сельскохозяйственных полей находится в восточной части дельты, в районе г. Келимане. Он занимает дельту вплоть до ее верхней границы и выходит за ее пределы на окружающие равнины. Оба указанных района имеют железнодорожное сообщение с другими районами страны (что обеспечивает вывоз сельскохозяйственной продукции), а также сообщение через водотоки с морскими портами Шинде и Келимане. Кроме этих массивов, где их структура указывает на принадлежность крупным сельскохозяйственным предприятиям, в средней части дельты по берегам веерообразно расходящихся рукавов расположены небольшие многочисленные фермы, очевидно, местного значения.

По результатам анализа космических снимков, приведенных в [9], в верхней части дельты в 1986 г. под сельское хозяйство использовалось 21,5 км² земель, а в 2000 г. уже 346,7 км²; увеличение площади сельскохозяйственных земель составило 325,2 км². По мнению авторов работы [9], освоение земель под сельское хозяйство и строительство защитных дамб вдоль рукавов будет распространяться и на среднюю и нижнюю части дельты.

Окружение дельты, прилегающие территории. С запада и севера дельту окаймляют возвышенности: на западе — плато Черингомо высотой до 300 м, на севере — холмы, представляющие собой отроги этого плато высотой до 200 м.

Уступ плато Черингомо подходит к западному краю дельты на севере, а южнее он отступает, и у его подножия образовалась серия аллювиальных конусов рек, дренирующих плато. Листопадные кустарники и леса, протягивающиеся вдоль водотоков, чередуются здесь с травянистыми саваннами между водотоками. Поверхность плато покрыта листопадными лесами, а долины расчленяющих его рек заняты травянистыми саваннами. На снимках отчетливо видно, что лесные массивы этой части плато прерываются многочисленными кольцевыми образованиями с травянистой растительностью, иногда заболоченными в центральных частях; возможно, это просадки грунта в результате развития глинистого карста.

Холмы, поднимающиеся к северу от дельты, менее высокие, заняты кустарниковой саванной, а у их подножий к дельте примыкают травянистые саванны. Восточнее высота холмов увеличивается до 200 м, появляются редколесья, а затем и листопадные леса.

Выводы:

— анализ космических снимков со спутника Landsat позволил обоснованно выделить границы дельты Замбези, а также проследить взаимодействие речных и морских процессов в формировании сложной конфигурации ее морского края с чередованием ровных линейных фрагментов береговой линии на участках аккумулятивных кос и разрывающих их воронковидных эстуарных расширений в устьях рукавов. Коленообразные повороты в устьевых участках рукавов отражают смену режимов нарастания кос и их про-

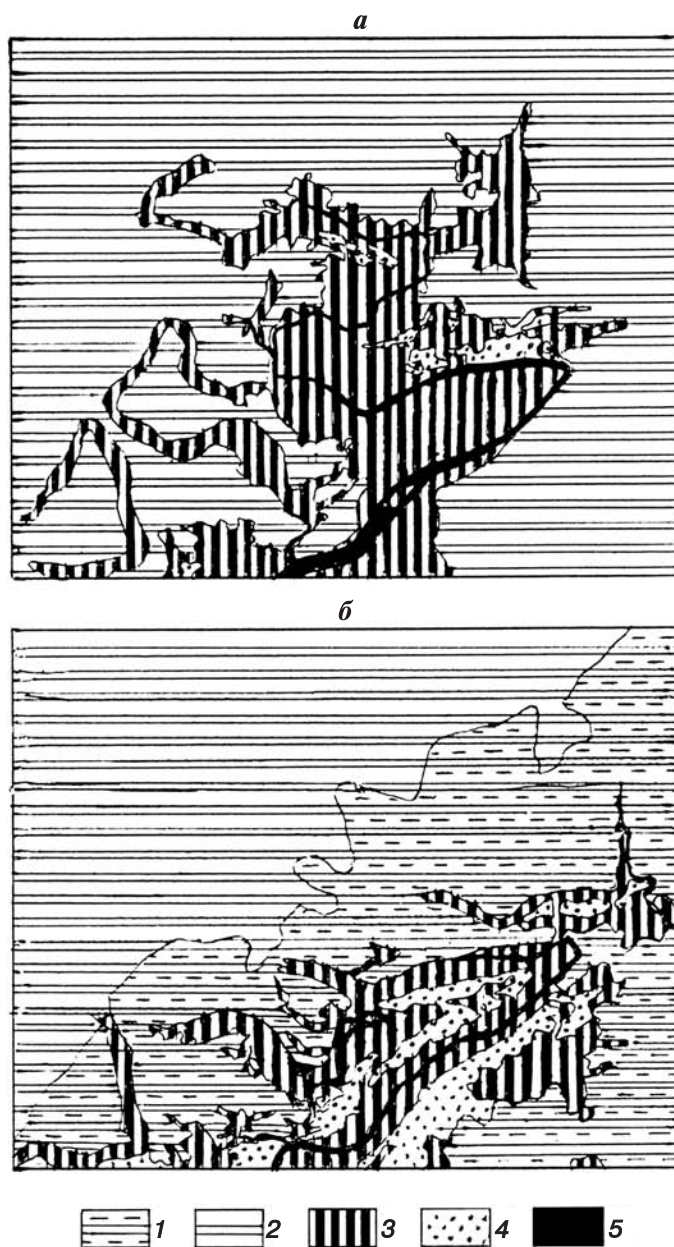


Рис. 5. Изменения ландшафтов в районе рукава Мунгари в западной части дельты Замбези: а — 1960 г.; б — 1999 г.: 1 — пальмовая саванна, 2 — заливаемая травянистая саванна и папирусные болота, 3 — мангровые леса, 4 — илистая осушка, 5 — вода

рывов водотоками. По снимкам получены морфометрические характеристики пояса песчаных гряд, параллельных берегу, — реликтовых аккумулятивных кос и береговых баров, составляющих характерную особенность Мозамбикского берега;

— составленные по космическим снимкам карты современного состояния и изменений экосистем дельты Замбези передают главные черты воздействия регулирования реки водохранилищами на ландшафты — сокращение площадей мангровых лесов в связи с уменьшением стока воды в рукавах дельты в половодье; уменьшение заливаемости дельты, общее обсыхание территории и как следствие появление травянистых и пальмовых саванн на обсыхающих в сухой

сезон выположенных поверхностях аллювиальных равнин, которые прежде были заняты травянистыми, тростниковыми и папирусными болотами, теперь сохранившимися лишь в понижениях рельефа; мелиорацию земель дельты и их активное сельскохозяйственное освоение;

— опыт создания карт экосистем дельты Замбези показал, что космические снимки, содержащиеся в

информационной системе GoogleEarth, включающей наряду с обзорными снимками земной поверхности локальные снимки сверхвысокого разрешения, целесообразно использовать для различных видов тематического картографирования. Необходимость сочетать информацию разных охвата и разрешения требует разработки специальных методик мультимасштабного дешифрирования космических снимков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. Берега. М.: Мысль, 1991. 497 с.
2. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 205 с.
3. Кравцова В.И. Анализ динамики дельт на основе космических снимков // Водные ресурсы. 2001. Т. 28, № 4. С. 402—409.
4. Кравцова В.И., Митькиных Н.С. Устья рек мира в атласе космических снимков // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 1. С. 3—19.
5. Кравцова В.И., Митькиных Н.С. Устья рек России: Атлас космических снимков / Под ред. В.Н. Михайлова. М.: Научный мир, 2013. 124 с.
6. Самойлов И.В. Устья рек. М.: Географгиз, 1952. 526 с.
7. Самсонов Т.Е. Мультимасштабное картографирование — новое направление картографии // Современная географическая картография / Под ред. И.К. Лурье, В.И. Кравцовой. М.: Дата+, 2012. С. 21—35.
8. Bielfuss R., Dutton P., Moore D. Land cover and land use change in the Zambezi delta // BFA Publications N 8. Zambezi

Basin Wetlands. 2000. Vol. III. Land use change and human impacts. Ch. 2. P. 31—105.

9. Coleman J.M., Huh O.K. Major world deltas. A perspective from space. URL: <http://www.geol.lsu.edu> (дата обращения: 20.10.2013).

10. Gandolfi C., Guariso G., Toghi D. Optimal flow allocation in the Zambezi River system // Water Resources Management. 1997. N 11. P. 377—393.

11. Ronco P., Fasolato G., Nones M., Di Silvo G. Morphological effects of damming on Lower Zambezi River // Geomorphology. 2010. N 115. P. 43—55.

12. SWECO/SwedPower. Cahora Bassa hydroelectric power scheme. St. II. Preinvestmant report, pt 5. Ecology. Stockholm, 1983.

13. Timberlake J. Biodiversity of the Zambezi basin wetlands: review and preliminary assessment of available information // BFA Publications N 3. Wetlands Biodiversity. Phase 1. Final Report. 1998. Feb. 251 p.

14. Tinley K.L. Framework of the Garagnosa Ecosystem. DPhil Thesis. University of Pretoria, South Africa, 1977.

Поступила в редакцию
03.12.2013

V.I. Kravtsova, V.N. Mikhailov

THE ZAMBEZI RIVER DELTA AND ITS CHANGES DUE TO RESERVOIR CONSTRUCTION

History of the Zambezi River delta development and investigation is analyzed. Delta transformation due to construction of large reservoirs within the river basin is described. Basing on the results of space imagery interpretation the delta morphology was studied and the map of the actual state of ecosystems was compiled. Maps of ecosystem transformation due to river flow regulation were also compiled for particular parts of the delta.

Key words: the Zambezi River, delta, ecosystems and their changes, reservoirs, space imagery, map.