УДК 556.54:528.8 (282.252.2)

В.И. Кравцова[1], В.Н. Михайлов[2]

АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОСИСТЕМ СОВРЕМЕННОЙ ДЕЛЬТЫ ХУАНХЭ

По космическим снимкам информационной системы GoogleEarth составлена карта естественных и антропогенных геосистем дельты Хуанхэ – одной из наиболее динамичных дельт мира. Обусловленное большим стоком наносов быстрое выдвижение в море дельтовых лопастей сопровождается активным освоением нарастающей суши, прежде всего, сельскохозяйственным, и, соответственно, заселением территории. Карта показывает, что наряду с традиционным сельскохозяйственным использованием поверхности дельты в последние годы широкое развитие получили аквакультура и добыча нефти. Материалы дешифрирования снимков раскрывают неизбежно возникающие конфликты природопользования – наступление нефтедобычи на сельскохозяйственные поля, аквакультурные хозяйства, природоохранные объекты.

Ключевые слова: дельта, геосистемы, природопользование, сельское хозяйство, аквакультура, нефтедобыча, карта, космические снимки.

Введение. Река Хуанхэ – одна из крупнейших рек мира – обладает очень большим стоком наносов и, соответственно, наиболее динамичной дельтой, неоднократно менявшей в прошлом свое положение. Современной дельтой Хуанхэ считают серию дельтовых лопастей, сформировавшихся севернее Шаньдунского полуострова после выхода Хуанхэ в залив Бохайвань Желтого моря в 1855 г. История развития этой дельты до 1996 г. подробно рассмотрена в работах [4–8, 10–13]. За это время в пределах дельты речной поток изменял свое направление не менее 11 раз; соответственно возникли 11 новых дельтовых лопастей. Процесс дельтообразования путем прорывов и скачкообразного развития гидрографической сети свойственен лишь устьям рек с очень большим стоком наносов [5].

В дельте Хуанхэ интенсивность выдвижения дельтовых лопастей и удлинения русла прежде достигала огромной величины – 30 км^2/год и 10 км/год. В прошлом большинство прорывов было естественным, то есть происходило в результате размыва берегов русла. Но в четырех последних случаях (в 1953, 1964, 1976 и 1996 гг.) резкое изменение направления стока реки в пределах дельты и начало формирования новой дельтовой лопасти и ее гидрографической сети было осуществлено искусственно – с целью понижения уровней воды реки выше по течению от дельты и предотвращения наводнений. В 1953 г. через искусственный прокоп с левой стороны старого русла в районе поселка Нинхай поток был направлен на северо-восток и сформировалась дельтовая лопасть рукава Шэньсянгоу. В 1964 г. с целью борьбы с наводнениями вновь было изменено направление речного стока в дельте – из района поселка Нинхай поток был направлен на север, в результате чего возник новый рукав Дяокоу. Его быстрое удлинение вынудило в 1976 г. повернуть речные воды в восточном направлении. Образовался мощный рукав Циншуйгоу. Его быстрое выдвижение в залив также привело к повышению уровня воды и возникновению опасности наводнений. Это вынудило вывести сток рукава в северо-восточном направлении (проран был создан в 25 км от устья рукава Циншуйгоу). Сформировался новый рукав Чахэ. Необходимо особо отметить, что во всех рассмотренных четырех случаях одновременно с созданием прорана в защитных дамбах для обеспечения нового пути речным водам в сторону залива старое русло ниже по течению перекрывается поперечной дамбой. В последние десятилетия интенсивность выдвижения новых дельтовых лопастей в залив Бохайвань заметно уменьшилась, что связано, прежде всего, с существенным уменьшением стока поступающих в дельту наносов.

Дельта Хуанхэ давно и активно используется местным населением. Здесь развито орошаемое земледелие, вблизи городов – садоводство. По основным каналам налажено местное судоходство. В последнее десятилетие в приморской части дельты стали активно развиваться хозяйства аквакультуры, в основном по выращиванию креветок. В качестве новой отрасли хозяйства, появившейся в дельте с 1980-х гг., следует назвать нефтедобычу и первичную переработку нефти. Традиционные и новые отрасли хозяйства существенно изменили природный комплекс дельты и ее естественные геосистемы.

Постановка проблемы. Обладающие большими природными ресурсами (водными, земельными, биологическими, энергетическими) крупные речные дельты во многих регионах мира давно активно используются в различных хозяйственных целях и плотно населены. При хозяйственном использова-

[1] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, 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

нии природных ресурсов дельт нередко появляются сложные проблемы, связанные с рациональным размещением разнородных производительных сил в пределах ограниченного пространства дельты, а также с противоречиями, образующимися между разными отраслями хозяйства. Так, например, в крупных дельтах южных рек России (Волги, Кубани, Терека) традиционно возникают трудно разрешимые противоречия между разными хозяйственными потребностями и требованиями охраны природы, между судоходством и рыбным хозяйством, сельским и рыбным хозяйством [5].

Дельта Хуанхэ, давно и активно осваиваемая в различных хозяйственных целях, – очень интересный и поучительный пример многоцелевого использования своих природных ресурсов. В последние десятилетия в этой дельте появились новые противоречивые проблемы, связанные с бурным развитием аквакультурных хозяйств и нефтедобычи. Анализ китайского опыта совместного развития традиционных и новых отраслей хозяйства представляет большой интерес для специалистов в области изучения речных дельт и освоения их ресурсов и поэтому является главной задачей статьи. На примере дельты Хуанхэ предполагается рассмотреть проблемы сочетания активного хозяйственного использования поверхности дельты и ее урбанизации с природоохранными мероприятиями, а также «наступления» приоритетного направления в современной экономике дельты – нефтедобычи – на сельскохозяйственные поля и хозяйства по разведению креветок.

Материалы и методы исследования. В качестве основного источника информации о состоянии и хозяйственном использовании поверхности дельты Хуанхэ служили космические снимки общедоступной информационной системы GoogleEarth, обеспечивающей возможность просмотра обзорных изображений всей дельты на снимках со спутника Landsat (с разрешением 30 м) и перехода для детального дешифрирования хозяйственных объектов к появившимся с 2000 г. снимкам сверхвысокого разрешения (1–2 м) со спутников Ikonos, QuickBird, GeoEye. Дешифрирование экранных изображений выполняли при увеличении детальных снимков до масштаба 1:2000–1:10 000, а результаты дешифрирования фиксировали на отпечатках обзорных снимков в масштабе 1:200 000. При дешифрировании учитывались результаты предыдущих исследований дельты Хуанхэ, упомянутых выше и перечисленных в списке литературы, а также опубликованные сведения о современном состоянии геосистем этой дельты и ее хозяйственном использовании. В соответствии с разработанной легендой по материалам дешифрирования составлена карта естественных и антропогенных геосистем дельты, представленная в статье в масштабе 1:500 000. В процессе работы над ней учтены достижения отечественной школы в изучении речных дельт и их изменений [5], а также методы дешифрирования космических снимков дельт и анализа их динамики, разработанные в лаборатории аэрокосмических методов МГУ [2, 3].

Результаты исследования и их обсуждение. ***Гидрографическая сеть и границы дельты.*** Действующая естественная гидрографическая сеть современной дельты Хуанхэ, показанная на **рис. 1**, ограничивается основным рукавом Циншуйгоу, теперь не доходящим до моря, и новым, ответвляющимся от него с 1996 г. рукавом Чахэ. На территории дельты также сохранились отмершие русла и старицы прежних рукавов Дяокоу (функционировавшего в 1964–1976 гг.) и Шэньсянгоу (в 1953–1964 гг.). Вместе с тем, в дельте создана и действует густая сеть искусственных каналов, используемых, главным образом, для водоснабжения населенных пунктов, сообщения между ними и орошения сельскохозяйственных полей, а также сеть искусственных прудов-водоемов. На схемах отражены также защитные дамбы вдоль русел, эстакады и причалы строящегося аванпорта, выдвинутые в море из-за отмелости берега, защитные стенки вдоль морских берегов, предотвращающие заливание территории во время приливов и нагонов. В 1985 г. были сооружены ограждения морского порта и стенка Гудун на восточном берегу, защищающая нефтепромыслы, а в 1998 г. – стенка Чэндао на северо-восточном берегу дельты [13].

Схема гидрографической сети дельты показывает, что определить ее вершину по разветвлению рукавов в устьевой области не представляется возможным. Китайские исследователи [8] принимают за вершину дельты изгиб русла выше населенного пункта Нинхай. Согласно [1], этот изгиб представляет собой наивысшее по течению место ответвления ранних отмерших рукавов 1885 и 1897 гг., что и дает основание рассматривать его как вершину дельты.

Границы дельты в работе [8] показаны условно в виде прямых линий, идущих от Нинхай в северо-западном и в юго-восточном направлениях. Эти линии примерно соответствуют крайним северо-западным и юго-восточным рукавам, действовавшим после 1855 г. Такие прямолинейные границы никак не выражены в особенностях рельефа, растительности, характера использования земель, рассекая поверхность дельты «по живому». Чтобы избежать этого, авторы статьи решили условно принять за внутренние границы дельты искусственные каналы, отходящие от реки (а точнее – от ящикообразных дамб, ограждающих русло) к периферии дельты, также включая в территорию дельты участки прежде функционировавших крайних северо-западных и юго-восточных рукавов. На северо-западе это узкий канал для орошения сельскохозяйственных полей, переходящий в приморской зоне в устьевую часть одного из крайних рукавов, действовавших в 1904–1926 гг., на юго-востоке это канал для транспортного обеспечения и водоснабжения города Дунъин и водохранилища Гуаннань, переходящий в приморской зоне в устьевую часть рукава, функционировавшего в 1929–1934 гг. Правда, этот канал пересекает город Дунъин, часть которого оказывается за пределами дельты. Принятые нами грани-

цы дельты показаны на рис. 1, 2. Площадь современной дельты Хуанхэ в этих границах составляет около 6 тыс. км^2.

Типы геосистем дельты Хуанхэ и карта геосистем. Как выявлено при дешифрировании космических снимков, для дельты Хуанхэ в выделенных выше границах характерны различные типы естественных и антропогенных геосистем и соответственно – разные виды землепользования, отраженные на карте (рис. 2).

Естественные геосистемы сохранились лишь вдоль морских границ дельты и представляют собой приливные осушки и слабо освоенные растительностью равнины по периферии дельты на ее недавно вышедших из-под воды участках. Большую часть дельты занимают антропогенные геосистемы, включая аквакультурные хозяйства, искусственные водно-болотные угодья, сельскохозяйственные, селитебные и промышленные объекты. На карте показаны также водохозяйственные и защитные сооружения.

Анализ космических снимков и составленной карты позволяет детально охарактеризовать состояние естественных и антропогенных геосистем дельты.

Естественные геосистемы дельты. Для всей дельты характерно интенсивное использование ее поверхности – аквакультурное, сельскохозяйственное, селитебное, связанное с нефтедобычей и обслуживающей ее промышленностью. Невозделанные земли с естественными ландшафтами характерны лишь для лопастей дельты, выдвинувшихся в залив в последние десятилетия; это крайние восточные участки дельты, образовавшиеся вдоль переставшего функционировать с 1996 г. рукава Циншуйгоу и нового, действующего с 1996 г., рукава Чахэ. Естественные геосистемы сохранились также вдоль северного побережья дельты в виде узкой прибрежной зоны шириной 1–2 км. Эта зона расширяется до 5 км в районе выступов бывших рукавов Дяокоу и Шэньсянгоу, функционировавших до 1976 г. и 1964 г. соответственно; небольшие невозделанные

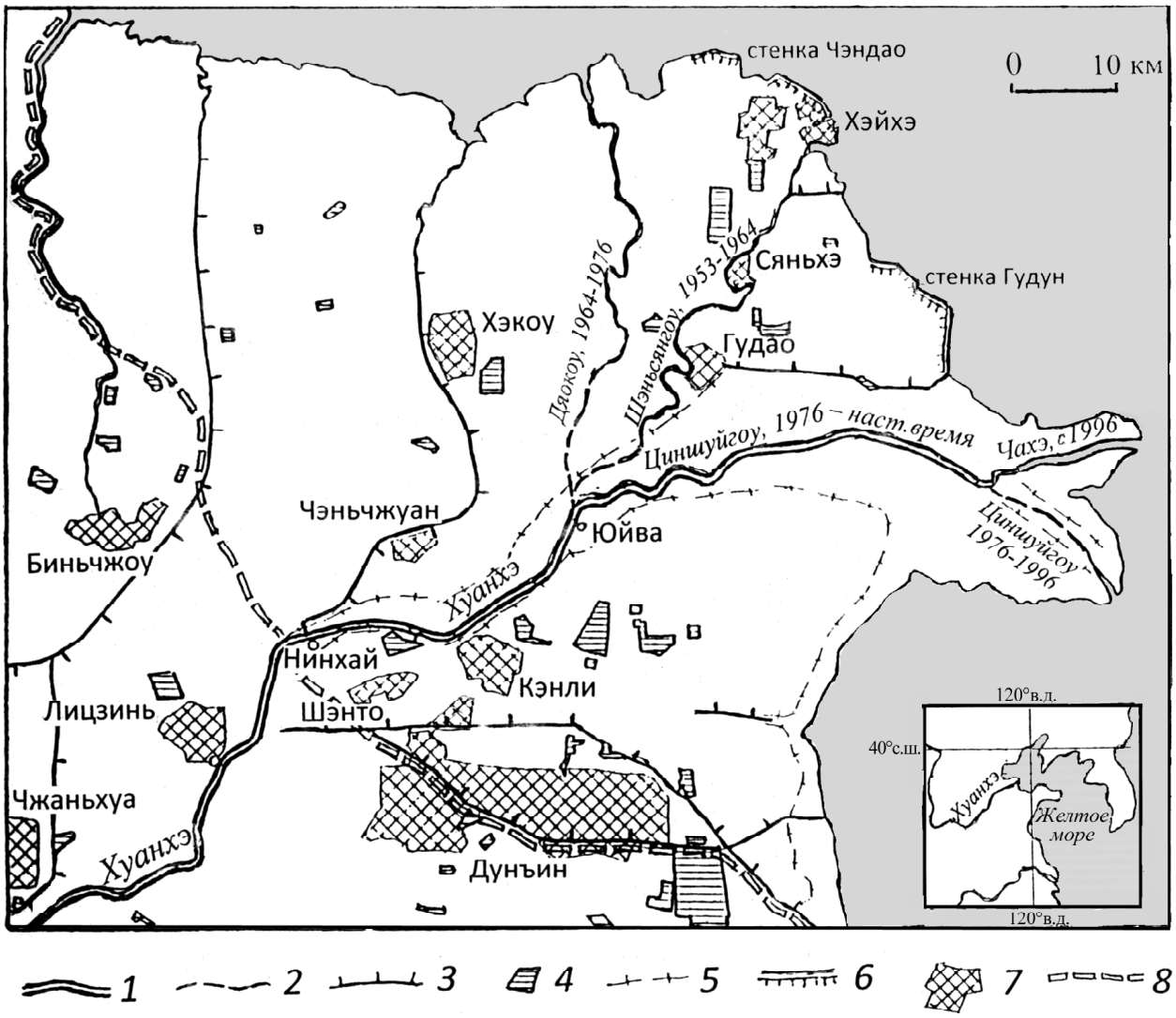

Рис. 1. Схема современной гидрографической сети дельты Хуанхэ. Условные обозначения: *1* – действующие рукава; *2* – отмершие рукава; *3* – каналы; *4* – водоемы; *5* – дамбы; *6* – защитные морские стенки; *7* – города; *8* – границы дельты

Fig. 1. Present-day hydrographic network of the Huang He delta: 1 – active channels, 2 – dead channels, 3 – canals, 4 – water bodies, 5 – dams, 6 – sea walls, 7 – towns, 8 – delta boundary

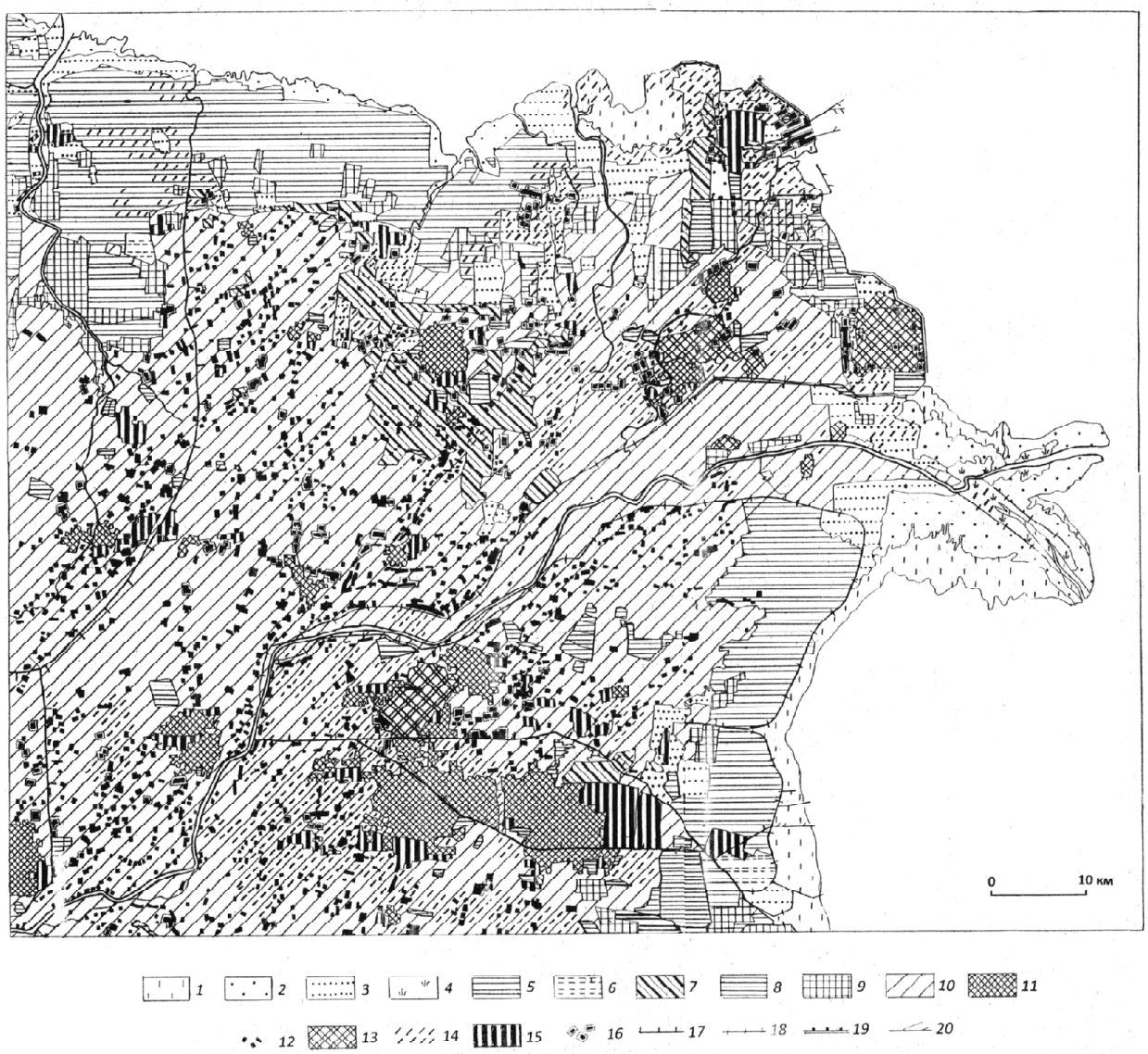

Рис. 2. Природные и антропогенные геосистемы дельты Хуанхэ: А – природные геосистемы дельты: *1* – песчано-илистая приливная осушка, не освоенная растительностью; *2* – песчано-илистые равнины у морского края дельты, слабо освоенные галофитной растительностью; *3* – илисто-песчанистые равнины периферийной зоны дельты, слабо освоенные галофитной растительностью, подготавливаемые к мелиорации; *4* – илисто-песчанистые равнины прирусловых участков дельты с зарослями тростниковой растительности; Б – антропогенные геосистемы: аквакультурные хозяйства: *5* – разделенные дамбами приморские водоемы аквакультурного использования; *6* – обустраиваемые водоемы, предназначенные для аквакультурного использования; искусственные водно-болотные угодья: *7* – чередование узких пресноводных водоемов с полосами суши с тростниковой растительностью; *8* – искусственные водоемы и водохранилища; сельскохозяйственные поля: *9* – рисовые чеки; *10* – поля продовольственных и технических культур; селитебные земли: *11* – города и крупные поселки; *12* – небольшие поселки; промышленные объекты: *13* – поля нефтедобычи (сплошная сеть нефтяных скважин); *14* – разреженная сеть площадок нефтяных скважин, распространяющихся на поверхность различных природных и антропогенных геосистем; *15* – крупные промзоны преимущественно первичной переработки нефти и складирования нефтепродуктов; *16* – небольшие промзоны разной специализации; водохозяйственные и защитные сооружения: *17* – каналы; *18* – дамбы; *19* – защитные морские стенки; *20* – эстакады с нефтепроводами и причалами для танкеров

Fig. 2. Natural and anthropogenic geosystems of the Huang He delta: A – natural geosystems of the delta: 1 – the sand-silt tidal foreshore not covered by vegetation; 2 – the sand-silt plains at the sea edge of the delta slightly covered by halophyte vegetation; *3* – the silt and sandy plains of the delta fringe slightly covered by halophyte vegetation, under preparation for amelioration; *4* – silt and sandy plains of near-channel parts of the delta with reed thickets; B – anthropogenic geosystems: aquaculture farms: *5* – dam-separated seaside aquaculture ponds; *6* – ponds under development for aquaculture; artificial wetlands: *7* – narrow fresh-water ponds alternating with reed-covered land strips; *8* – artificial ponds and reservoirs; agricultural fields: *9* – rice paddies; *10* – fields of food and commercial crops; settled lands: *11* – cities and large settlements; *12* – small settlements; industrial facilities: *13* – oil production areas (continuous network of oil wells); *14* – rare network of oil well sites expanding over various natural and anthropogenic geosystems; *15* – large industrial zones with primary petroleum refining and storage of oil products; *16* – small industrial zones of different specialization; water management and protective constructions: *17* – canals; *18* – dams; *19* – protective sea walls; *20* – platforms with oil pipelines and tanker loading terminals

участки вклиниваются также узкими полосами вдоль русел некогда действовавших и давно покинутых рукавов. Эти пока оставшиеся в естественном состоянии территории представляют собой выровненные поверхности, сложенные песчано-илистыми и илисто-песчанистыми отложениями, в разной степени освоенные галофитной растительностью.

Приморская периферийная зона дельтовых лопастей, подверженная заливанию морскими водами при приливах и нагонах, представляет собой приливные осушки, которые практически лишены растительности, сильно увлажнены даже при отливах и подвержены эродирующему воздействию волн и приливных течений. Здесь образуются многочисленные эрозионные борозды, система которых хорошо видна на космических снимках высокого разрешения.

Выдвинувшиеся дельтовые лопасти рукавов Циншуйгоу и Чахэ, как и прибрежная зона северного побережья дельты, сложены песчано-илистыми отложениями. Эти геосистемы характеризуются засолением грунтов, на которых произрастают галофиты – сведы, солянки, солеросы, образующие неровный растительный покров, иногда представляющий собой обширные заросли.

Картина изменяется на прирусловых участках дельтовой лопасти Циншуйгоу, огражденных дамбами, где сохранились старицы отмершего ныне русла. Для этих участков характерны пресные грунтовые воды в приповерхностном слое грунта. Эти территории заняты сплошными зарослями тростника; такие заросли распространяются и на прирусловые участки нового рукава Чахэ.

Значительная часть естественных илисто-песчанистых участков дельты, более удаленных от берега залива, в разной степени освоенных растительностью, после выхода территории из-под уровня моря подвергаются мелиорации, особенно там, где эти участки примыкают к сельскохозяйственно освоенным районам дельты. На таких мелиорируемых участках первичного освоения на снимках видны линии дамб, защищающих эти участки от проникновения морских вод, и мелиоративных каналов, подающих пресную воду для рассоления грунтов.

В целом естественные геосистемы дельты (включая мелиорируемые) занимают относительно небольшую площадь около 990 км^2, что составляет 16% поверхности всей дельты.

Антропогенные геосистемы. Аквакультурные хозяйства. Для современной дельты Хуанхэ характерно активно развивающееся в последние годы использование береговой зоны: в приморской полосе дельты создаются аквакультурные хозяйства, что типично вообще для приморских районов Юго-Восточной Азии, на которую приходится около 90% произведенной в искусственных условиях рыбы и креветок в мире. Большая их часть выращивается именно в речных дельтах, где нет проблем с грунтовыми водами, заполняющими создаваемые искусственные водоемы. Для аквакультурного использования в приморской части дельты Хуанхэ дамбами огораживают систему водоемов, обычно правильной прямоугольной формы, различных размеров (от 100 м до 1 км), предназначенных для разведения рыбы, выращивания креветок и других морепродуктов (рис. 3, а). Сеть таких водоемов образует сплошную полосу шириной 10–15 км вдоль восточного и северного берегов дельты Хуанхэ. Нередко в эти обводненные участки вторгаются массивы рисовых полей.

Аквакультурное освоение прибрежных районов в Китае развито очень широко. В районе дельты Янцзы для этих целей осваивают мелководную зону моря; дамбами огораживают полосы осушки, при

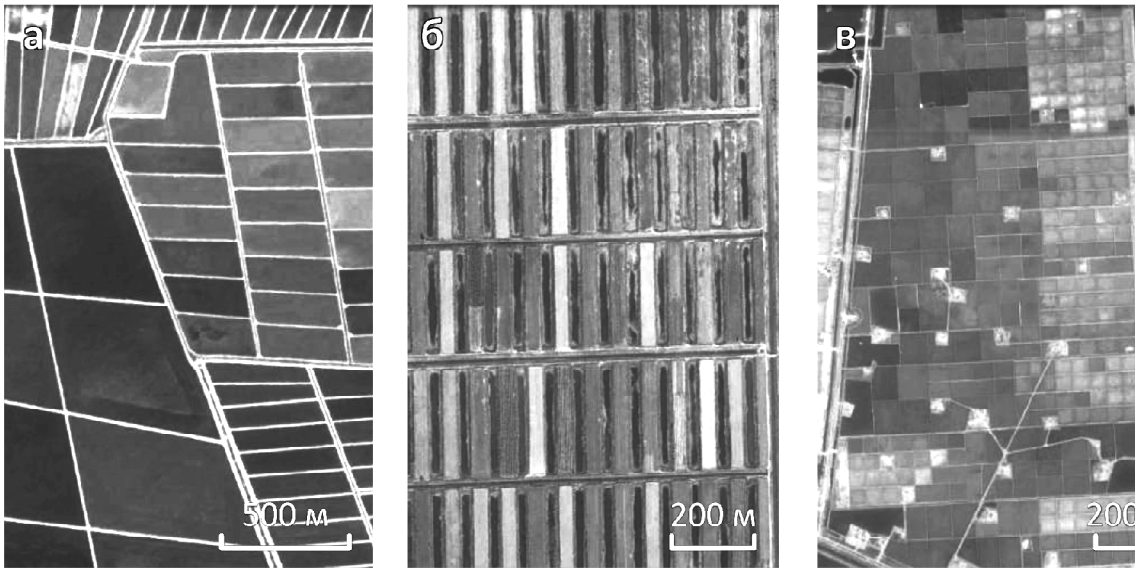

Рис. 3. Отображение некоторых антропогенных геосистем дельты Хуанхэ на космических снимках GoogleEarth: а – водоемы хозяйств аквакультур; б – система водоемов для рассоления почв и создания искусственных водно-болотных угодий; в – распространение площадок с нефтяными скважинами на рисовые поля

Fig. 3. Some anthropogenic geosystems of the Huang He delta as seen at satellite images in GoogleEarth: a – aquaculture ponds; б – system of ponds for soil desalinization and creation of artificial wetlands; в – spreading of oil extraction sites to rice fields

освоении и обустройстве которых «наращивается» берег. В дельте Хуанхэ такого искусственного наращивания берега нет, а под аквахозяйства обустраиваются площади естественного нарастания дельты, обусловленного значительным отложением речных наносов. Анализ разновременных космических снимков позволяет проследить за развитием таких хозяйств.

К 2000 г. широкие полосы аквакультурных хозяйств появились на берегах залива Лайчжоувань южнее дельты Хуанхэ и на берегах залива Бохайвань севернее дельты. На снимке со спутника Landsat 5 мая 2000 г. прибрежных водоемов для выращивания аквакультур в пределах дельты еще не было ни на восточном, ни на северном побережье. А к 2003 г. появились вначале отдельные аквакультурные хозяйства южнее дельтовой лопасти Циншуйгоу и севернее береговой защитной стенки Гудун, огородившей поле скважин нефтедобычи со стороны моря. В это же время в северной части дельты, в районе бывшего устья рукава Дяокоу, были оборудованы участки аквакультурных хозяйств и одновременно начата широкая подготовка окружающих территорий береговой зоны для создания таких хозяйств путем строительства системы дамб. К 2010 г. отдельные участки сомкнулись в единые аквакультурные зоны как на юго-восточном, так и на северо-восточном и северном побережьях дельты. Такие зоны заняли значительные площади (около 1430 км^2, что составляет 23% поверхности всей дельты). Расширение аквакультурных хозяйств продолжается – в юго-восточной части дельты начато не только обустройство новых хозяйств, но и обвалование приливных осушек для их дальнейшего хозяйственного использования.

Однако такое активно развивающееся аквакультурное использование дельты может иметь и неблагоприятные последствия. Высказываются опасения, что изъятие грунтовых вод на заполнение искусственных водоемов может привести к просадке грунта и опусканию суши. Контроль за изменением уровня земной поверхности, предпринятый с применением радиолокационных методов и интерферометрической обработки снимков с использованием в качестве отражателей крыш рыбных ферм, показал, что самая быстрая просадка грунта отмечена именно вблизи аквакультурных хозяйств, а не соседних нефтяных месторождений, разработка которых также приводит к опусканию поверхности [14]. Эти процессы требуют систематического мониторинга состояния поверхности дельты, теперь возможного с помощью радиолокационной съемки.

Искусственные водно-болотные угодья. Болота, ранее распространенные на севере дельты, где базировались перелетные птицы, после отмирания рукава Дяокоу деградировали, биоразнообразие было нарушено, исчезли околоводные растения и водоплавающие птицы, которыми славился северный берег [11].

С 2001 г. Комиссия охраны реки Хуанхэ Министерства водных ресурсов Китая начала выполнять проект по обводнению этой территории и восстановлению водно-болотных угодий. В 2010 г. с помощью насосов осуществлен водозабор в бывшее русло Дяокоу. Вода стала поступать в восстанавливаемые болота созданного здесь заповедника. Обводнение болот сопровождалось наземными наблюдениями, которые показали, что уровень грунтовых вод заметно поднимается лишь вблизи болотных водоемов, но уже на расстоянии 0,5 км от них он снижается, а на расстоянии 1–1,5 км повышения уровня грунтовых вод не наблюдается. Обводнение привело к заметному уменьшению солености грунтовых вод, что проявилось даже в течение одного вегетационного сезона в замещении солянковой растительности на тростниковую. Этот эксперимент показал целесообразность обводнения территории путем создания сети небольших узких водоемов, чередующихся с узкими полосами суши, в пределах которых эффективно проявляется подъем уровня грунтовых вод и их рассоление, а значит и развивается тростниковая растительность. Очевидно, именно эти рекомендации начали реализовывать в крупном проекте создания искусственных водно-болотных угодий в виде системы водоемов длиной 200–500 м и шириной 20–30 м, разделенных полосами суши шириной 50–70 м (рис. 3, б). Дешифрирование космических снимков показало, что к 2015 г. такие угодья уже занимали обширные площади (более 300 км^2) в окрестностях города Хэкоу. Видимо, часть этих площадей и выделена в заповедник дельты Хуанхэ, где создана вторая по размерам в мире зона для размножения Китайской чайки (чайки Сондерса), находившейся на грани вымирания. С 2010 г. были приняты меры по организации специальной зоны для размножения чаек, в которой была запрещена хозяйственная деятельность. Государственный орнитологический заповедник площадью 153 тыс. га, где обитают 265 видов пернатых, создан с целью сохранить уникальную водно-болотную экосистему в дельте Хуанхэ [15]. Часть заповедника используется для экотуризма.

Сельскохозяйственные поля. Основное, однако, направление в использовании поверхности дельты Хуанхэ, преобладающее на всей ее площади, – сельскохозяйственное, несмотря на то, что земли дельты в той или иной степени засолены. Засоление связано с проникновением в дельту морских вод. Во время сильных нагонов морские воды иногда проникают на несколько десятков километров вглубь суши. Такие случаи были, например, в 1938 и 1949 гг. Грунты выдвигающихся в залив лопастей дельты становятся пригодными для земледелия лишь после длительных процессов естественного вымывания солей или специальных мероприятий по их рассолению. Непременным условием освоения приморских земель, наряду с их рассолением, становится сооружение морских защитных стенок и дамб для защиты полей от вторжения морских вод. Однако наиболее высокие стенки Гудун и Чэндао, сооруженные в северо-восточной части морского края дельты, защищают не столько сельскохозяйственные

поля, сколько нефтепромыслы. Дамбы вдоль северного и восточного берегов дельты, первоначально препятствовавшие вторжениям морских вод на сельскохозяйственные земли дельты, с созданием прибрежного пояса аквакультурных хозяйств получили новое предназначение – защиту этих хозяйств. Сейчас необвалованными со стороны моря остаются лишь выдвинувшиеся в последние десятилетия новые дельтовые лопасти.

Равнины внутренних частей дельты полностью распаханы. Используется почти каждый пригодный для обработки клочок земли. Из сельскохозяйственного оборота изымаются лишь земли для застройки поселков и городов, для создания промышленных зон, а после открытия нефтяных месторождений – также для полей нефтедобычи. Для полива посевов во время весенней засухи, кроме самотечного и машинного (насосного) водозабора из рукавов, используется множество колодцев и скважин; созданы искусственные водоемы и водохранилища, наполняемые ливневыми водами в сезон муссонных дождей. Из этих водоемов вода подается на поля по мелиоративным каналам.

Ведущая отрасль сельского хозяйства – растениеводство. В сельском хозяйстве дельты, как и всего Шандунского экономического района, сочетается производство культур – «северных» продовольственных (рис, пшеница, соевые бобы, батат) и важных технических (хлопок, арахис, табак). На представленной на рис. 2 карте геосистем дельты Хуанхэ отдельно выделены массивы полей главной для Китая культуры – риса. Массивы рисовых полей, разделенных дамбами на чеки (размером десятки метров), заливаемые водой, хорошо выделяются на космических снимках. Карта свидетельствует о том, что эта культура, требующая большого количества пресной воды, тяготеет к периферийным участкам дельты – массивы рисовых полей внедряются в зону аквакультурных хозяйств, искусственных водно-болотных угодий или расположены вблизи крупных водохранилищ. Поля других сельскохозяйственных культур показаны на карте без их подразделения на типы, но для всех них характерна четкая геометрическая структура сетки полей, имеющих преобладающие размеры в 100 м – 1 км.

Проблемы сельскохозяйственного использования земель связаны с водообеспечением. Для решения таких проблем, как указывалось, созданы многочисленные водохранилища, от которых к полям протягиваются оросительные каналы. В последние десятилетия возникли также серьезные проблемы, связанные с развитием промышленности, расширением площадей нефтедобычи, распространяющейся на сельскохозяйственные районы.

Населенные пункты. Как и большинство речных дельт в мире, дельта Хуанхэ плотно населена. Преобладающее по площади сельскохозяйственное использование поверхности дельты, необходимость обработки занимающих большую часть площади дельты сельскохозяйственных полей, нередко с трудоемкими культурами, предопределила густую сеть сельских поселений. Однако в соотношение сельского и городского населения в дельте Хуанхэ внесло свои коррективы открытие в 1961 г. крупного нефтяного месторождения Шэнли. В 1983 г. был образован муниципальный округ Дунъин как база для развития нефтедобычи. Он включает все города и поселки дельты, охватывая площадь 7923 км^2 (в том числе за пределами выделенных границ дельты) с населением 1790 тыс. чел. [16]. Муниципальный округ Дуньин делится на два района – Дуньин и Хэкоу и три уезда – Гуанжао, Кэнли и Лицзинь, кроме того, по административному делению разделяются также 15 волостей и 23 поселения. При дешифрировании снимков в дельте выделено более 1000 небольших населенных пунктов.

В южной части дельты значительную площадь (более 200 км^2, с примыкающей к нему промзоной около 100 км^2) занимает сам город Дунъин, к муниципальному образованию которого относится и вся дельта. Другие города в дельте – Кэнли, Хэкоу – занимают площадь по 20–30 км^2, есть и около 20 городков меньшей площади. Все они имеют промзоны, преимущественно для первичной переработки нефти, добываемой в их окрестностях. Промзоны непосредственно примыкают к городам, редко отделяясь от них санитарной зоной. Но сами города имеют достаточно благоустроенную территорию, четко распланированную квартальную сеть улиц, в городах есть парки с водоемами, спортивными сооружениями, зонами отдыха и даже садово-парковыми ансамблями. Четкая прямоугольная планировка кварталов, характерная для городов, свидетельствует о единовременном и планомерном строительстве жилых массивов.

Сельские населенные пункты равномерно распределены среди массивов сельскохозяйственных полей, что хорошо отражает карта (рис. 2). Размеры поселков невелики (обычно не превышают 1 км^2). Поселки имеют четкую прямоугольную планировку с тремя–пятью рядами продольных и поперечных улиц, застроены одинаковыми по размеру домами, плотно примыкающими один к другому. Густота сети сельских поселков и их внутренняя структура различны на участках дельты, образовавшихся в разное время. В той части дельты, которая была сушей уже во второй половине XIX века, села отстоят друг от друга на расстоянии 2–3 км, застройка в них менее плотная, при домах имеются озелененные участки. На поверхности дельты, образовавшейся к середине XX века, сеть сельских поселений реже, расстояние между селами 5–10 км; для них характерна очень плотная застройка без приусадебных участков. Распределение сел по пространству дельты относительно равномерное, но наблюдается некоторое сгущение их сети вдоль старых русел отмерших рукавов и вдоль защитных дамб, отделяющих прирусловые участки. В более молодой периферийной части дельты, в зонах аквакультурных хозяйств, поселки редки, а на образовавшихся в последние десятилетия илисто-песчанистых лопастях рукавов Циншуйгоу и Чахэ поселения отсутствуют.

Особым в отношении населенности является крайний северо-восточный участок дельты, где сельских поселений также почти нет, но имеется множество промзон в окрестностях промышленных городов Сяньхэчжень и Гудаочжень. На крайнем севере этого региона находится крупная промзона первичной переработки нефти Чжуанси. Здесь форсируется строительство порта Хэйхэ для вывоза нефти танкерами. Строительство порта осложнено из-за мелководности прилегающей прибрежной зоны залива (глубины здесь менее 10 м и недоступны для тяжелых нефтеналивных судов). Поэтому от берега в залив выдвигаются на несколько километров эстакады с нефтепроводами и десятками причалов для танкеров.

Нефтедобыча. Использование поверхности современной дельты Хуанхэ находится под сильным влиянием открытого в 1961 г. месторождения нефти Шэнли – второго по величине в Китае. В дельте продолжается разведка залежей нефти, открываются новые нефтяные поля, развивается сеть нефтяных скважин и нефтепроводов, предприятий по первичной переработке нефти и нефтепродуктов. Кроме того, создаются нефтехранилища, развивается промышленность по производству нефтеоборудования, строится порт, а для вывоза нефти танкерами в условиях мелководья – аванпорт с выдвинутыми в залив эстакадами и причалами. В данной работе, посвященной экосистемам дельты и их хозяйственному использованию, остановимся лишь на аспектах этой проблемы, связанных с землепользованием.

Месторождения нефти и газа, встречающиеся во многих дельтах мира, приурочены к осадочным породам. В дельте Хуанхэ месторождения расположены на глубине 21 м. На карте (рис. 2) показано несколько полей нефтедобычи, отдешифрированных по космическим снимкам высокого разрешения. Это – участки площадью 30–50 км^2, в пределах которых создана густая сеть нефтяных скважин, находящихся на близком расстоянии друг от друга (до 100 м) и соединенных линиями нефтепроводов. Здесь скважины и нефтепроводы служат основным видом использования территории дельты. Такие поля нефтедобычи в южной части дельты занимают территорию между городами Дунъин, Кэнли и Шенточжэнь, и в северной части дельты между городами Сяньхэчжэнь и Гудаочжэнь, есть также поле на восточном побережье дельты, отделенное от залива стенкой Гудун. Имеются также небольшие специально выделенные для нефтедобычи участки площадью 4–5 км^2, окруженные защитными дамбами, в пределах прирусловых зон рукава Цуйшингоу, защищенные от наводнений двойными ящикообразными дамбами.

Однако добыча нефти далеко не ограничивается этими специально выделенными нефтяными полями. Отдельные площадки нефтяных скважин выдвинуты далеко за пределы этих полей и распространяются на илисто-песчанистые поверхности недавно сформированных дельтовых лопастей, окружающие их приливные осушки и в прибрежную зону залива. Кроме того, нефтяные скважины распространяются на участки дельты с различными другими видами использования, на которых по космическим снимкам четко выделяются светлые прямоугольники платформ с вышками и качалками нефтяных скважин. Они вторгаются на сельскохозяйственные поля, в том числе рисовые (рис. 3, в), в искусственные водно-болотные угодья, водоемы, аквакультурные хозяйства. Такие площадки отстоят друг от друга на расстоянии от 100 до 500 м, но соединяются линиями нефтепроводов. На карте (рис. 2) они показаны особым знаком в сочетании с основным видом хозяйственного использования поверхности дельты.

Выводы:

– результаты дешифрирования космических снимков высокого разрешения и созданная на его основе карта естественных и антропогенных геосистем современной дельты Хуанхэ свидетельствуют, что эта дельта представляет собой яркий пример активного хозяйственного использования богатых природных ресурсов при сочетании традиционных отраслей хозяйства (орошаемого земледелия, водоснабжения населенных пунктов), с новыми (аквакультурой, добычей и переработкой нефти, градостроительством);

– в настоящее время в дельте Хуанхэ к числу естественных геосистем можно отнести лишь приливные осушки и узкие полосы равнин, недавно вышедших из-под воды, вдоль морского края дельты. Остальные геосистемы (аквакультурные хозяйства, орошаемые поля, водохранилища, восстанавливаемые водно-болотные угодья, нефтяные поля, промзоны и др.) являются антропогенными;

– в процессе исследования выявлены особенности пространственного распределения и взаимного влияния разнородных геосистем в дельте Хуанхэ. Резко проявляется экспансия нефтяных промыслов (приоритетной отрасли экономики), а также промзон и урбанизированных территорий, на смежные сельскохозяйственные поля, аквакультурные хозяйства и природоохранные объекты (восстанавливаемые водно-болотные угодья);

– в XXI веке могут ожидаться, во-первых, дальнейшее и еще более сильное обострение противоречий между разными отраслями хозяйства в дельте Хуанхэ, а во-вторых, существенное усиление внешнего воздействия на дельту Хуанхэ и ее геосистемы. Это, с одной стороны, дальнейшее уменьшение поступающего в дельту стока воды и наносов в связи с интенсивным землепользованием и водохозяйственными мероприятиями в бассейне реки, а с другой – повышение уровня Желтого моря, усугубленное в приморской части дельты антропогенной просадкой грунта, вызванной откачкой нефти и подземных вод. Такое сочетание факторов может привести к изменению тенденции развития дельты от ее роста к сокращению;

– проведенное исследование подтвердило большую эффективность применения космических снимков при изучении не только пространственного

распределения дельтовых экосистем, но и их естественных и антропогенных временных изменений. Продемонстрированы широкие возможности использования общедоступных спутниковых информационных систем типа GoogleEarth для тематического картографирования.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 16-05-00288).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Атлас бассейна реки Хуанхэ / Под ред. Вэн Хуаюань. Пекин: Китайская карта, 1989. 356 с. (на китайском языке).

Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 205 с.

Кравцова В.И. Анализ динамики дельт на основе космических снимков // Водные ресурсы. 2001. Т. 28. № 4. С. 402–409.

Лю Ш., Чжон Ч., Бабич Д.Б., Иванов В.В., Коротаев В.Н., Михайлова М.В. Сток р. Хуанхэ и динамика дельты // Эрозионные и русловые процессы. 2010. Вып. 5. С. 317–330.

Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1998. 176 с.

Михайлова М.В. Гидрологический режим и динамика гидрографической сети устьевой области Хуанхэ // Водные ресурсы. 1998. Т. 25. № 1. С. 105–117.

Эстуарно-дельтовые системы России и Китая / Под ред. В.Н. Коротаева, В.Н. Михайлова, Д.Б. Бабича, Ц. Ли, Ш. Лю. М.: ГЕОС, 2007. 445 с.

Chu Z.X., Sun X.G., Zhai S.K., Xu K.H. Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow River (Huanghe) subaeral delta, China: Based on remote sensing images // Marine Geology 2006. 227. P .13–30.

Liu B., Liu G., Shu L.C., Wang X.G., Zhu B. Hydrological process and its ecological effect on a re-established freshwater wetland in the Yellow River delta, China // Deltas: Landforms, Ecosystems and Human Activities // Proceedings of HP1, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ.358, 2013). P. 226–233.

Pang J.Z., Si S.H. Evolution of the Yellow River mouth: 1. Historical Shifts // Oceanol. Limnol Sin. 1979. V. 10(2). P. 136–141.

Rosen T., Xu J.Y., Ma Z., Xu X. What can we learn from recent development of the Atchafalaya River delta, USA and the Yellow River delta, China? // Deltas: Landforms, Ecosystems and Human Activities // Proceedings of HP1, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ.358, 2013). P. 209–217.

Yang Z.S., Liu J.P. A unique Yellow River- derived distal subaqueous delta in the Yellow Sea // Marine Geology. 2007. V. 240. P. 169–176.

Yanyan V.A., Guangxue L.I. Evolution history and trend of the modern Huanghe River delta // Acta Oceanol. Sin. 2010. V. 29. № 2. P. 40–52.

www.agroxii.ru/users/zav52

www.hyconference.edu.cn/russian/165546.html

www.us-carsin/cars26475/Дунъин

Поступила в редакцию 07.04.2016
Принята к публикации 09.12.2016

V.I. Kravtsova[1], V.N. Mikhajlov[2]

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF GEOSYSTEMS IN THE PRESENT-DAY HUANG HE DELTA

Space imagery of the GoogleEarth information system made it possible to compile a map of natural and anthropogenic geosystems of the Huang He delta – a most dynamic delta of the world. Rapid advancing of delta wings into the sea caused by the great sediment runoff is followed by intensive, predominately agricultural, development of the «new» land and, respectively, the settlement of the territory. The map shows that in recent years the aquaculture and oil production become widespread in the delta area along with traditional agricultural land use. The materials of imagery interpretation disclose the inevitable conflicts of nature management related to the expansion of oil production that displace agricultural fields, aquacultural farms and nature protection areas.

Key words: delta, geosystems, nature management, agriculture, aquaculture, oil production, map, space imagery.

Acknowledgements. The work was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research (project 16-05-00288).

[1] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Leading Research Scientist, D.Sc. in Geography; *e-mail*: valentinamsu@yandex.ru

[2] Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Land Hydrology, Senior Research Scientist, D.Sc. in Geography; *e-mail*: vn.mikhailov@mail.ru

REFERENCES

Atlas basseina reki Huanghe [Atlas of Huanghe River basin]. Pod red. Ven Huayuan. Pekin: Kitaiskaya karta. 1989. 356 s. (in Chinas).

Chu Z.X., Sun X.G., Zhai S.K., Xu K.H. Changing pattern of accretion/erosion of the modern Yellow River (Huanghe) subaeral delta, China: Based on remote sensing images // Marine Geology. 2006. V. 227. P. 13–30.

Estuarno-deltovye sistemy Rossii i Kitaya [Estuarial-deltaic systems of Russia and China] / Pod red. V.N. Korotaeva, V.N. Mikhailova, D.B. Babicha, C. Li, Sh. Liu. M.: GEOS, 2007. 445 p. (in Russian).

Knizhnikov Yu.F., Kravtsova V.I. Aerokosmicheskie issledovaniya dinamiki geograficheskih yavlenii [Aerospace investigations of geographical phenomena dynamics]. M.: Izd-vo MGU, 1990. 205 p. (in Russian).

Kravtsova V.I. Analiz dinamiki delt na osnove kosmicheskih snimkov [Analyzing of deltas dynamics by satellite images] // Water Resources. 2001. V. 28. № 4. P. 402–409 (in Russian).

Liu Sh., Chzhon B., Babich D.B., Ivanov V.V., Korotaev V.N., Mikhailova M.V. Stok reki Huanghe i dinamika delty [The Huanghe River discharge and delta dynamics] // Erozionnye i ruslovye process. M.: MGU, 2010. V. 5. P. 317–330 (in Russian).

Liu B., Liu G., Shu L. C., Wang X. G., Zhu B. Hydrological process and its ecological effect on a re-established freshwater wetland in the Yellow River delta, China // Deltas: Landforms, Ecosystems and Human Activities // Proceedings of HP1, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ.358, 2013). P. 226–233.

Mikhailov V.N. Gidrologia ustyev rek [River mouths hydrology]. Izd-vo MGU, 1998. 176 p. (in Russian).

Mikhailova M.V. Gidrologicheskiy rezhim i dinamika gidrograficheskoi seti ustyevoi oblasti Huanghe [Hydrological regime and dynamics of hydrographic network in Huanghe mouth area] // Water Resources. 1998. V. 25. № 1. P. 105–117 (in Russian)

Pang J.Z., Si S.H. Evolution of the Yellow River mouth: 1. Historical Shifts // Oceanol. Limnol Sin. 1979. V. 10(2). P. 136–141.

Rosen T., Xu J.Y., Ma Z., Xu X. What can we learn from recent development of the Atchafalaya River delta, USA and the Yellow River delta, China? // Deltas: Landforms, Ecosystems and Human Activities // Proceedings of HP1, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg, Sweden, July 2013 (IAHS Publ.358, 2013). P. 209–217.

Yang Z.S., Liu J.P. A unique Yellow River- derived distal subaqueous delta in the Yellow Sea // Marine Geology. 2007. V. 240. P. 169–176.

Yanyan V.A., Guangxue L.I. Evolution history and trend of the modern Huanghe River delta // Acta Oceanol. Sin. 2010. V. 29. N 2. P. 40–52.

www.agroxii.ru/users/zav52

www.hyconference.edu.cn/russian/165546.html

www.us-carsin/cars26475/Дунъин

Received 07.04.2016
Accepted 09.12.2016