

# ОСОБЕННОСТИ СНИМКОВ АРАЛЬСКОГО МОРЯ, ВЫПОЛНЕННЫХ СО СПУТНИКОВ AQUA/TERRA СКАНЕРОМ MODIS В 2010-2012 ГГ.

*Т.Ф. Кузьмичева*

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

*В настоящей работе анализируются снимки, полученные в 2010 – 2012 годах со спутников AQUA/TERRA сканером MODIS. Отслеживается изменчивость Аральского моря в зимний период.*

**Введение.** О сегодняшнем состоянии Аральского моря мы знаем гораздо меньше, чем хотелось бы. Несмотря на самоотверженные усилия целого ряда ученых и научных коллективов и неослабевающий интерес к этой проблеме во всем мире, поток научной информации об Арале, некогда прекрасно обеспеченном данными наблюдений, в целом значительно снизился за последние двадцать лет. А ведь именно в этот период море претерпело наиболее радикальные изменения.

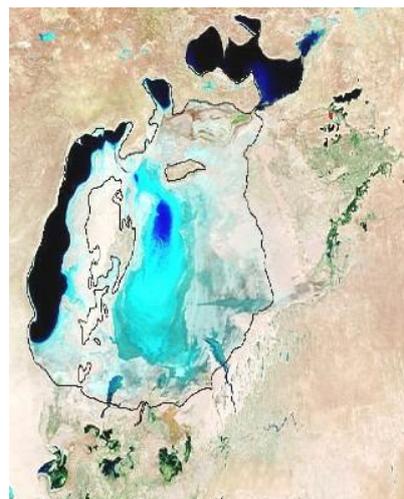
К сожалению, вернуть Аральское море в прежнем виде будет вряд ли возможно. Вероятно, лучшее, что ученые смогут сделать – это обеспечить происходящие с морем драматические события должным научным сопровождением и мониторингом, информируя общественность и власти о текущих изменениях и думая о путях смягчения последствий экологического бедствия. Такая работа активно велась при Советском Союзе, но почти прекратилась в 1990-е годы по известным политическим и экономическим причинам.

В данной работе анализируются снимки, полученные в 2010 – 2012 годах со спутников AQUA/TERRA сканером MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer - сканирующий спектрорадиометр среднего разрешения). Отслеживается динамика Аральского моря в зимний период.

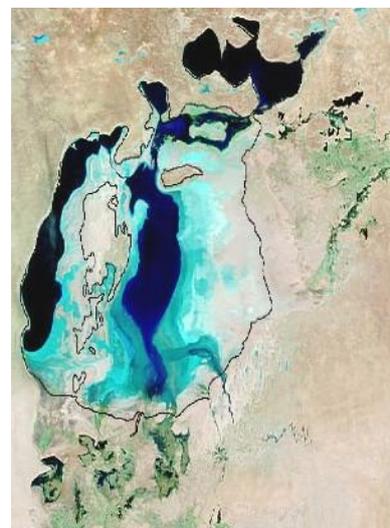
Адрес сайта:

<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/?subset=CentralAsia1.2011084&altdates>

**Результаты анализа спутниковых снимков.** Весной, летом и осенью 2010 года осадков выпало ничуть не больше, чем за тот же период 2008 и 2009 годов. Тем не менее, к ноябрю 2010 года Аральское море наполнилось водой и из водоёма, изображённого на снимке за 13 ноября 2009 года, превратилось в водоём, показанный на спутниковом снимке за 25 ноября 2010 года.



Р и с. 1а. Снимок за 13.11.09, спутник TERRA

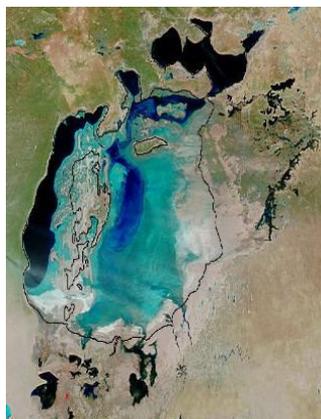


Р и с. 1б. Снимок за 25.11.10, спутник TERRA

На юге Восточного Арала появилось маленькое озерце. На снимках за апрель-июнь 2010 года хорошо видно, что размер этого озера всё время увеличивается, вода из него стекает вниз, на север, и к

5-му июня воды тёмно-синего цвета в центре и на юге Восточного Арала стали единым целым, образовав фигуру, похожую на диковинную птицу с длинным носом. Западнее этого озера и севернее ветландов Аджибай и Муйнакский хорошо видна часть левого русла Амуда-

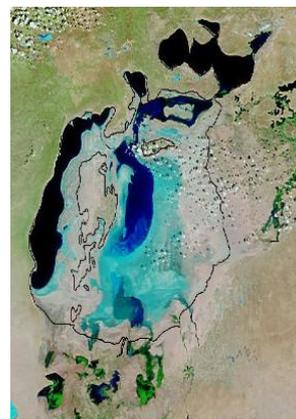
ры, проходящего по дну Аральского моря и состоящего ныне из двух удлинённых водоёмов синего цвета. Восточнее видна часть русла реки Жанадарья, проходящего по дну Восточного Арала, так же окрашенная синим цветом.



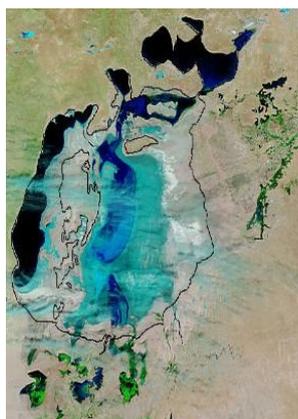
18.04.10



05.05.10



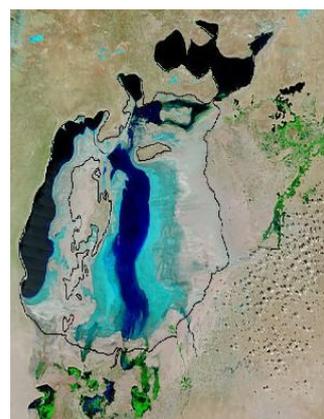
18.05.10



22.05.10



28.05.10



05.06.10

Р и с. 2. Снимки за апрель – июнь 2010 года, спутник *TERRA*

Промежуточный Арал так же заполнен водой. Вода в него поступает из Северного Арала через дамбу в проливе Берга.

Зима 2010 – 2011 годов. Если сравнить спутниковые снимки за 18-е апреля (1-ый снимок при ясном небе, после того как снег и лёд полностью растаяли) и за 25-е ноября (последний снимок при ясном небе перед началом замерзания), то хорошо видно, как Аральское море наполнилось водой. Глубоководная часть Восточного Арала, Промежуточного Арала и пролива, соединяющего Вос-

точный и Промежуточный Аралы, окрашена теперь не синим, а тёмно-синим цветом, т.е. стала намного глубже. Вода тёмно-синего цвета опустилась к югу до широты приблизительно на 74 км. Хорошо видно русло реки Жанадарья, проложенное по дну Восточного Арала. Теперь оно доходит до воды тёмно-синего цвета. На северо-востоке Восточного Арала воды тёмно-синего цвета доходят теперь до острова Борса-Кельмес, т.е. ширина их увеличилась приблизительно в 2 раза.

1-го и 2-го декабря 2010 года Аральское море было закрыто Восточно-Сибирским антициклоном. 3-го декабря подул северо-восточный ветер, и Аральское море стало покрываться льдом. Льдом покрыта бухта Сары-Чеганак, за исключением северо-западной кромки. Появился припай у восточного и юго-восточного берегов бухты Бутакова, у юго-восточного берега бухты Тще-Бас и залива Чернышёва. Промежуточный Арал и пролив, соединяющий Промежуточный и Восточный Аралы, полностью покрылись льдом. Льдом так же покрыты восточная, западная и южная части глубоких тёмно-синих вод Восточного Арала. Интересно отметить, что та часть реки Жанадарья, которая протекает по дну Аральского моря, покрылась льдом, а та часть, которая протекает по берегу, - нет. К 5-му декабря в Северном Арале увеличилась толщина припая у юго-восточного и юго-западного берегов. Бухта Сары-Чеганак полностью покрылась льдом. В бухте Бутакова свободна ото льда центральная часть. Глубоководная часть Восточного Арала полностью покрыта рыхлым льдом, за исключением узкой восточной - северо-восточной полосы и самой юго-западной части. Начинают покрываться льдом ветланды Судочье и Джилтырбас-2.

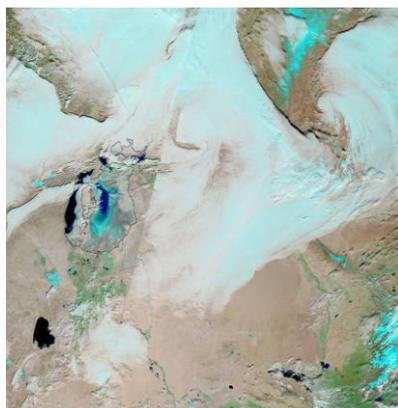
С 7-го декабря 2010 года по 7-е января 2011 года тёплые потоки воздуха, идущие с запада и юго-запада, вступили в противоборство с холодными потоками воздуха, идущими с северо-востока и востока. В результате лёд в Восточном Арале был взломан и почти растаял. Однако к 5-му - 7-му января Восточный Арал опять покрылся льдом. Вместе с ним подо льдом оказались залив Тще-Бас и Северный Арал. Появился припай в заливе Чернышёва и на севере Западного Арала. К 11-му января покрылся льдом залив Чернышёва в Западном Арале. 17-го января с запада пришёл циклон, принёсший в Приаралье снег. 20-го января залив Чернышёва был полностью покрыт льдом и снегом. 24-го января с юга пришли потоки тёплого воздуха, начавшие растапливать снег южнее и восточнее Аральского моря. Обращает на себя внимание широкая полоса снега, проходящая через Туямунонские озёра с юго-запада на северо-восток. К 17-му февраля Аральское море покрылось снегом до широты, на которой лежит озеро Сарыкамыш. К 25-му

февраля вдоль всех берегов Западного Арала появился широкий припай. Льдом покрыта дельта Амударьи до Туямунонских озёр и северо-западная часть озера Сарыкамыш. К 1-му марта 2011 года на севере, юге и в центре Западного Арала появились плавающие льдины. Вся западная часть озера Сарыкамыш покрыта широким припаем, достигающим в некоторых местах 1/2 и 1/3 ширины озера. 2-го марта с юга пришли потоки тёплого воздуха, растопившие к 7-му марта снег до середины Восточного и Западного Арала. С 8-го по 14-е марта небо над Аралом было покрыто толстым слоем облаков. К 15-му марта снег остался только севернее Северного Арала, и началось таяние льда. К 19-му марта очистилось ото льда русло Жанадарьи, проходящее по дну Аральского моря. Новая волна тёплого воздуха растопила к 21-му марта лёд в южной части Восточного Арала, припай на юге Западного Арала, лёд во всех ветландах, кроме Судочьего. Идущие один за другим с запада и юго-запада циклоны растопили к 26-му марта лёд во всех ветландах и озере Сарыкамыш. Ко 2-ому апреля лёд в бухте Чернышёва на севере Западного Арала, к 7-му апреля лёд на севере Восточного Арала и в проливе между Восточным и Промежуточным Аралом. 8-го апреля исчез лёд в Промежуточном Арале, 10-го - в заливе Тще-Бас. Пришедший с запада очередной циклон растопил к 16-му апреля лёд в малом Северном Арале.

Если отследить динамику Аральского моря с 16-го апреля 2011 года (зимний лёд полностью растаял) по 22-е октября 2011 года (последний снимок при ясном небе перед началом нового витка заморозания), то видно, что 2011-ый год не был засушливым. Время от времени, с периодичностью приблизительно 2 раза в месяц, с запада приходили циклоны, приносящие с собой дождь. Тем не менее, воды в Аральском море осенью стало гораздо меньше, чем весной. Практически полностью (за исключением небольшой области на западе, примыкающей к заливу Тще-Бас) пересох Промежуточный Арал, соединяющий северную и южную части бывшего Аральского моря. Практически полностью пересох пролив, соединяющий Промежуточный Арал с Восточным Аралом (остались небольшие водоёмы голубого, а не тёмно-синего, как весной, цвета). Тёмно-синяя часть Восточного Арала стала не-

сколько уже и поднялась к северу. На юге пересохли ветланды. Руслу рек Жанадарьи и левого притока Амударьи, проходящих по бывшему дну Аральского моря, закрашены не тёмно-синим, а голубым цветом. Часть Восточного Арала, которая является как бы продолжением ветланда Джилтырбас-2, высохла практически совсем.

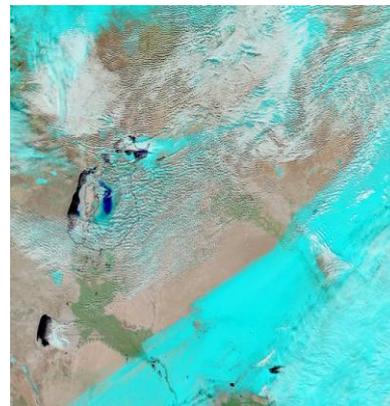
Зима 2011 – 2012 годов. Зима в 2011 году пришла очень рано. Первый снежный циклон пришёл в Приаралье с северо-запада 26-го октября. Этот циклон покрыл снегом предгорья Тянь-Шаня и небольшое возвышение на правом берегу реки Сырдарья. Второй снежный циклон пришёл с северо-запада и бушевал с 31-го октября по 8-е ноября. На спутниковом снимке за 2-е ноября можно рассмотреть вихрь, имеющий форму волны с двумя гребнями, закрученными назад (к северо-востоку от Северного Арала).



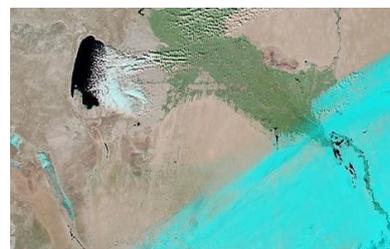
Р и с. 3. Снимок за 02.11.11, спутник *TERRA*

На спутниковых снимках за 8 - 9-е ноября видно, что после прохождения циклона снегом покрыто не всё Приаралье, а только его юго-восточная часть. Снег лежит к юго-востоку от широкой полосы, проходящей с юго-запада на северо-восток через Туямуюнские озёра. Озеро Айдар, которое лежит в самом юго-восточном углу снимка, так же покрыто снегом, в отличие от Восточного и Западного Арала, расположенных гораздо севернее. Над озером Сарыкамаш повисло облако из брызг, которое появляется тогда, когда температура воздуха намного ниже температуры воды. По отклонению этого облака видно, что дует северо-западный ветер. Точно такое же облако, только гораздо более плот-

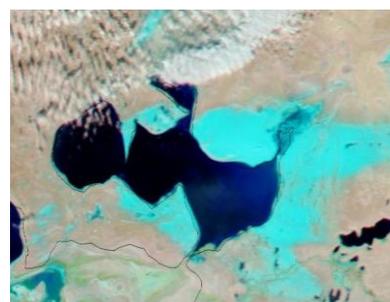
ное, повисло над озером Айдарколь. Небольшое пятно снега появилось так же вокруг Северного Арала.



Р и с. 3а. Снимок за 08.11.11, спутник *AQUA*



Р и с. 3б. Снимок за 08.11.11, спутник *AQUA*. Озеро Сарыкамаш.

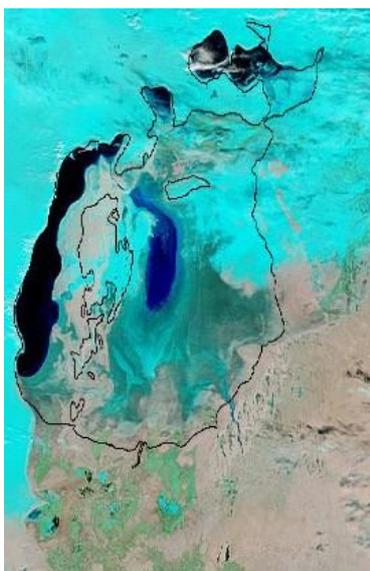


Р и с. 3в. Снимок за 09.11.11, спутник *AQUA*. Северный Арал.

На снимке за 9-е ноября видно, что залив Сары-Чеганак (Северный Арал) покрыт льдом. В монографии [1] сказано, что в 1940 – 60 годах на станции «Аральское море. Залив» (ныне залив Сары-Чеганак) первое раннее полное замерзание происходило 9-го ноября, а в 1961- 83 годах – 18-го ноября. В 2011 году солёность Северного Арала равнялась  $\approx 10 - 11 \%$ , т.е. была такой же, как

в 1940 – 60-х годах. Как видим, и дата первого раннего замерзания в 2011 году совпадает с датой первого раннего замерзания квазистационарного периода.

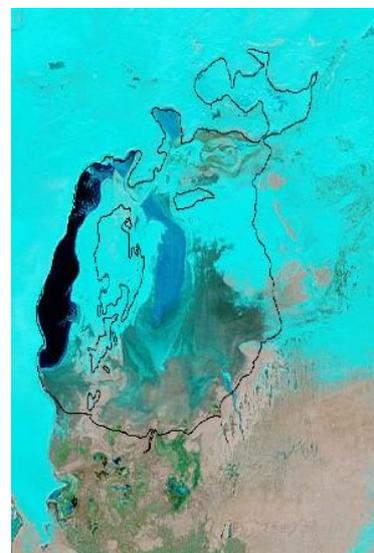
На том же снимке (9-е ноября) и снимках за 10-е 12-е ноября видно, как пришедшие с юга потоки тёплого воздуха начинают слизывать снег в юго-восточном углу снимка. К 12-му ноября снег в районе Туямуюнских озёр полностью растаял. Эти потоки тёплого воздуха встретились с потоками холодного воздуха, пришедшими с севера, в результате чего опять выпал снег. Теперь уже полоса снега проходила через Восточную и Западную части Аральского моря (снимки за 14-е, 20-е и 22-е ноября). К 22-му ноября видно в Северном Арале льдом покрыты залив Сары-Чеганак, восточная часть пролива Бутакова, пролив Берга. Узкая полоса ледяного припая появилась в восточной части Северного Арала между заливом Сары-Чеганак и проливом Берга. Что-то похожее на лёд появилось в Промежуточном Арале и в южной части Восточного Арала (русло реки Жанадарья, проходящее по дну Восточного Арала). Пространственно-временного разрешения спутникового снимка недостаточно, чтобы с определённой точностью сказать, лёд это или нет. Снежный циклон, пришедший 24-го ноября, покрыл снегом Приаралье, расположенное западнее Западного Арала и севернее широты, проходящей приблизительно через середину Восточного Арала.



Р и с. 4. Снимок за 28.11.11, спутник *TERRA*

К 28-му ноября в Северном Арале льдом покрыты заливы Бутакова и Сары-Чеганак (полностью), восточная треть Северного Арала, приблизительно до начала залива Нессельроде. В средней части плавают большие льдины, вся южная часть покрыта широким припаем. Льдом покрыт Промежуточный Арал и три четверти на юго-западе залива Тше-Бас. В Восточном Арале льдом покрыты северная часть, на юге ветланды и русло реки Жанадарья. В Западном Арале льдом покрыты южная часть залива Чернышёва и пролив, соединяющий западную и восточную части Арала. Появился припай у восточного берега южной трети Западного Арала.

К 19-му декабря полностью покрыты льдом Северный Арал, залив Тше-Бас, Восточный Арал, дельта реки Амударья до Туямуюнских озёр. В русле реки Жанадарья, натекающей на слой высокосолёных вод Восточного Арала, толщина льда значительно больше (лёд окрашен белым цветом), что может свидетельствовать о выхолаживании снизу. В Западном Арале полностью покрыт льдом залив Чернышёва. Увеличилась ширина припая у восточного берега южной трети. На севере, приблизительно в верхней четверти, появились плавающие льдины.

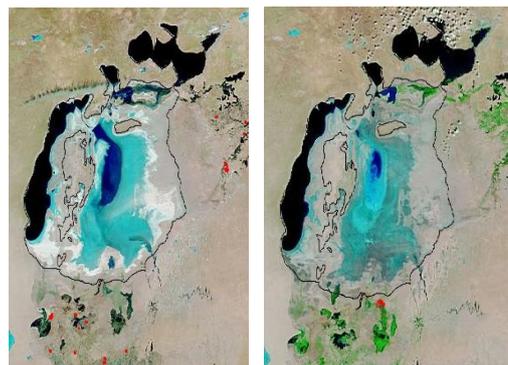


Р и с. 5. Снимок за 19.12.11, спутник *TERRA*

В Приаралье волны тёплого воздуха, идущие с юга – юго-запада, постоянно вступают в противоборство с волнами холодного воздуха, идущими с северо-запада и северо-востока; и это противоборство заканчивается изменениями ли-

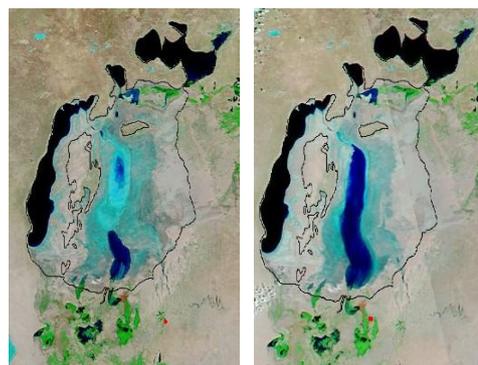
бо в сторону потепления, либо в сторону похолодания. Так к 31-му декабря, в результате очередного потепления растаял лёд в Западном Арале, за исключением бухты Чернышёва, и на юге Восточного Арала. С 1-го по 9-е января 2012 года прошла очередная снежная буря. 5-го января в южной половине Приаралья появился снежный вихрь, просыпавшийся пятном снега, закрывшим Туямуюнские и Арнасайские озёра. 12-го января с юго-запада пришла волна тёплого воздуха. С 13-го по 16-е января всё Приаралье было затянуто плотным слоем облаков, к 17-му января пятно снега уменьшившись в размерах в несколько раз. 19-го января ударили морозы, вследствие которых покрылась льдом южная часть Восточного Арала и появился мощный припай у восточного берега верхней трети Западного Арала. 20-го января стало замерзать озеро Сарыкамыш. 21-го января подул сильный северо-восточный ветер, о чём говорят облако брызг юго-западнее озера Сарыкамыш и полосы северо-восточного направления юго-западнее Восточного Арала. С 24-го января по 6-е февраля Приаралье закрыто плотным слоем облаком. К 7-му февраля всё Приаралье, за исключением небольшого пятна между Сарыкамышской впадиной и рекой Сырдарья, покрыто снегом. Весь Западный Арал покрыт громадными ледяными полями с небольшими полыньями на юге и в центральной части. К 14-му февраля замёрзло озеро Сарыкамыш и полыньи в Западном Арале. С 26-го февраля с юга и юго-запада пошли одна за другой большие массы тёплого воздуха, которые начали растапливать снег и лёд в Приаралье. Зима так просто не отступает и опять пытается вступить в свои права. 6-го марта в районе Аральского моря опять выпал снег. С 8-го марта с запада и с юга идут циклоны, которые пытаются растопить снег и лёд в районе Аральского моря. К 26-му марта полностью растаял снег в районе Аральского моря и лёд в озере Сарыкамыш и в южной части Восточного Арала. Ко 2-му апреля растаял лёд в Восточном Арале и в проливе, соединяющем Восточный Арал с Промежуточным Аралом. К 5-му апреля растаял лёд в Промежуточном Арале. К 8-му – в заливах Чернышёва, Тще-Бас и, в целом, в Западном Арале. К 18-му апреля – в Северном Арале.

На спутниковом снимке за 18.04.12 видно, что на юге Восточного Арала образовался полуостров, который является как бы продолжением ветланда Джилтыр-Бас-2 и клином вдаётся в воды Восточного Арала. Посередине этого клина образовался водоём, который впервые был замечен в 2010 году, а в 2012 году он появился на снимках 13-го апреля. Ни в 2011 году, ни до 2010 года этот водоём не наблюдался.



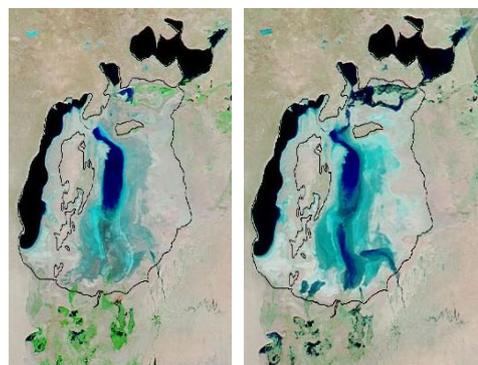
18.04.12

14.07.12



24.07.12

05.08.12



08.09.12

04.12.12

Р и с. 6. Снимки за апрель – декабрь 2012 года, спутник *TERRA*

Если отследить динамику Аральско-го моря за весну, лето и осень 2012 года, то обращает на себя внимание следующее. У водоёма, образовавшегося у основания клинообразного полуострова на юге Восточного Арала, оказался подземный источник питания. Этот водоём всё время увеличивается в размерах. 26-го апреля появилась протока, соединившая водоём с Восточным Аралом. Вода по ней перетекает с северо-запада этого водоёма (с самой северной его точки) на юго-восток. Там она объединяется с водами реки Жанадарья (её тёмно-синее русло хорошо видно на снимке) и начинают заполнять Восточный Арал с юга. На севере воды Восточного Арала наполняются водами Северного Арала, которые, переливаясь через дамбу в проливе Берга, попадают сначала в Промежуточный Арал, затем в пролив, соединяющий Промежуточный Арал с Восточным Аралом и, наконец, в Восточный Арал. К 14-му мая водоём превратился в точку, не соединённую с водами Восточного Арала. Перестала поступать вода из Северного Арала, и Восточный Арал стал очень быстро высыхать. К 14-му июля тёмно-синяя часть Восточного Арала занимала в длину около 28 километров. С 14-го июля водоём на юге Восточного Арала стал очень быстро увеличиваться в размерах, превращаясь из точки в широкий поток. К 5-му августа он прошёл на север приблизительно 150 км. После этого источник на юге иссяк и к 8-му сентября вода стекла в центральную котловину. После 20-го сентября водоём на юге стал наполняться водой в третий раз. В это же время появилась вода в русле реки Жанадарья. Приблизительно в это же время стал наполняться водами Северного Арала и Промежуточный Арал. К 31-му октября воды южной части Восточного Арала объединились с водами средней части, Промежуточный Арал полностью наполнился водой. На юго-западе Восточного Арала хорошо видны два удлинённых пятна тёмно-синих вод, продолжение ветланда Муйнакский. В условно-естественный период в этом районе протекал левый приток Амударьи. С 6-го ноября пролив, соединяющий Промежуточный Арал с Восточным Аралом, также стал заполняться 4-е декабря 2012 года – последний снимок при ясной по-

годе перед началом замерзания. На этом снимке видно, что ветланды и Промежуточный Арал заполнены водой. В Восточном Арале глубокие воды, окрашенные синим цветом, тянутся полосой, длина которой равняется  $\approx 204$  км. На юго-востоке Восточного Арала хорошо видны воды реки Жанадарья, окрашенные синим цветом, которые соединяются с водами Восточного Арала. На юго-западе хорошо видны два удлинённых пятна синего цвета. Здесь когда-то протекал левый приток Амударьи.

**Выводы.** 1. Первый лёд в Северном Арале в раннюю, среднюю и позднюю зимы появляется в те же периоды, что и в условно-естественный период (до 1960-го года).

2. В условно-естественный период (до 1960-го года) лёд на юге Аральского моря появлялся приблизительно на 2 недели позже, чем на севере. Зимой 2010 – 2011 года лёд на севере и юге появился одновременно.

3. Вода в Восточном Арале в холодные зимы замерзает на несколько недель раньше, чем в Западном Арале.

4. Периоды похолодания довольно часто сменяются оттепелями.

5. На снимке за 19-е декабря 2011 года видно, что в той части русла реки Жанадарья, которая натекает на слой высокосолёных вод Восточного Арала, толщина льда значительно больше (лёд окрашен белым цветом), чем в части русла, проходящего по земле, что может свидетельствовать о выхолаживании снизу.

6. На юге Восточного Арала образовался полуостров, который является как бы продолжением ветланда Джилтыр-Бас-2 и клином вдаётся в воды Восточного Арала. У основания этого клина образовался водоём, который впервые был замечен в 2009 году; в 2012 году он появился на снимках 13-го апреля. У этого водоёма есть подземный источник, который в 2010 и 2012 годах заполнил весь Восточный Арал.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бортник В.Н., Чистяева С.П.* Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 7. Аральское море. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1990. – 196 с.