

Отчетная сессия ЗИН РАН
12-14 апреля 2016 г.

ЧТО НУЖНО СДЕЛАТЬ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

Вечернее заседание 12 апреля

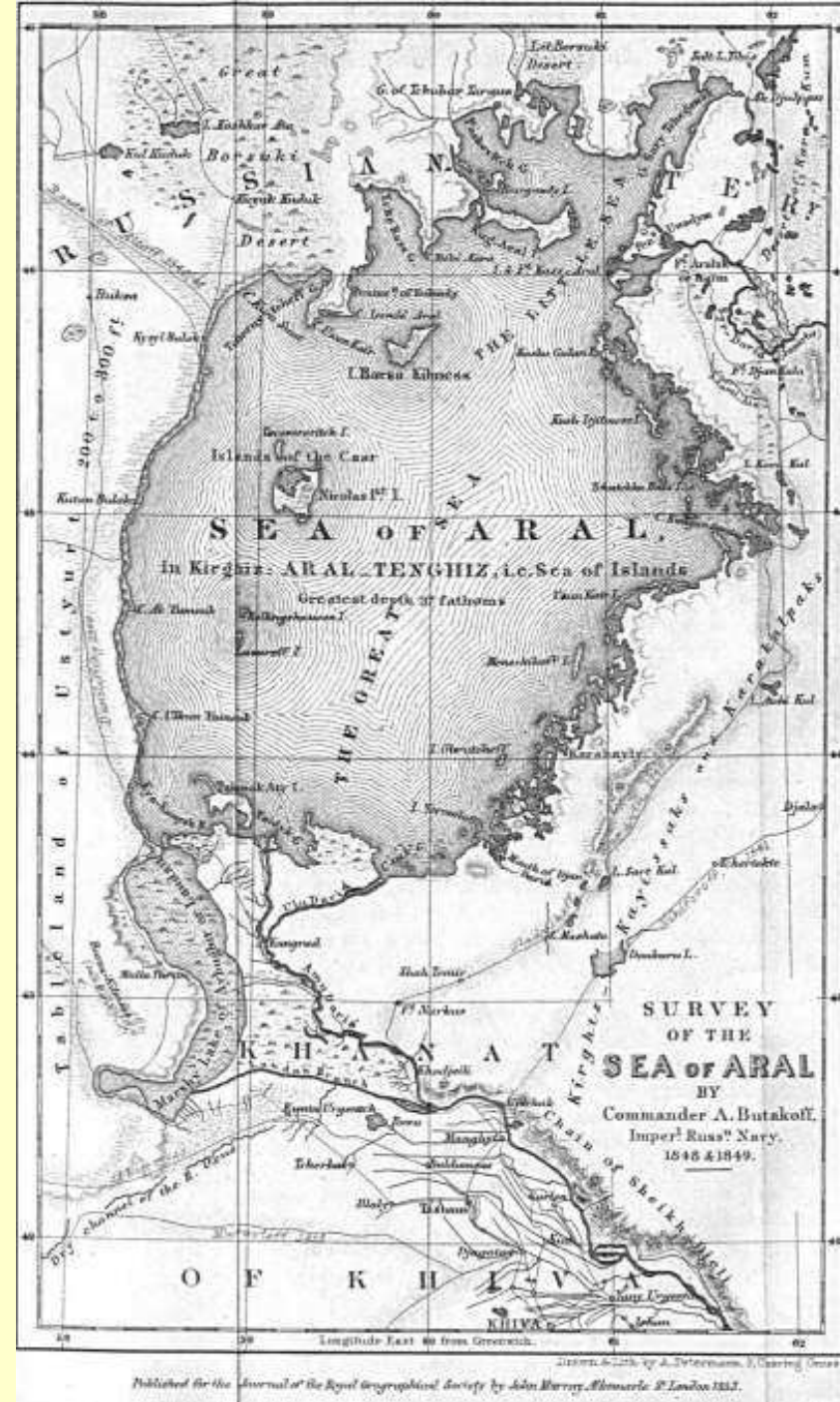
Н.В. Аладин, В.И. Гонтарь, Л.В. Жакова,
Ф.Т. Миклин*, И.С. Плотников, А.О. Смуров

*Западно-Мичиганский университет, США

Арал был четвертым в мире озером по площади водного зеркала



0 500 1000 км



Карта Аральского моря, составленная по материалам экспедиции А. И. Бутакова в 1848-1849

Аральское море в середине XX века имело следующие параметры

- Площадь 67499 км^2
Большой Арал 61381 км^2
Малый Арал 6118 км^2
- Объем 1089 км^3
Большой Арал 1007 км^3
Малый Арал 82 км^3
- Уровень $+53.4 \text{ м}$
- Максимальная глубина 69 м
- Соленость 10 г/л
- В Арале обитало около 20 видов рыб и около 200 видов свободноживущих беспозвоночных

Свободноживущие беспозвоночные и рыбы, вселявшиеся в Арал человеком

Polychaeta

Hediste diversicolor (Müller)

Mollusca

Syndosmya segmentum Recluz

Monodacna colorata (Eichwald)

Mytilus galloprovincialis Lamarck

Mya arenaria Linnaeus

Copepoda

Calanipeda aquaedulcis Kritschagin

Heterocope caspia Sars

Acartia clausi Giesbrecht

Mysidacea

Paramysis baeri (Czerniavsky)

P. lacustris (Czerniavsky)

P. intermedia (Czerniavsky)

P. ullskyi (Czerniavsky)

Limnomysis benedeni (Czerniavsky)

Decapoda

* *Palaemon elegans* Rathke

* *P. adpersus* Rathke

* *Rhithropanopeus harrisi tridentata* (Maitland)

Pisces

Alosa caspia (Eichwald)

Acipenser stellatus Pallas

Acipenser nudiventris derjavini Borzenko

Acipenser guldenstadti Brandt et Ratzeburg

Clupea harengus membras (Linnaeus)

Liza auratus (Risso)

L. saliens (Risso)

Ctenopharyngodon idella (Valenciennes)

Hypophthalmichthys molifrix (Valenciennes)

Aristichthys nobilis (Richardson)

Platichthys flesus (Linnaeus)

Mylopharyngodon piceus (Richardson)

* *Syngnatus abaster caspius* Eichwald

* *Atherina boyeri caspia* Eichwald

* *Knipowitschia caucasicus* (Berg)

* *Neogobius fluviatilis* (Pallas)

* *Neogobius melanostomus* (Pallas)

* *Neogobius syrman* (Nordmann)

* *Proterorichinus marmoratus* (Pallas)

* *Neogobius kessleri* (Gunter)

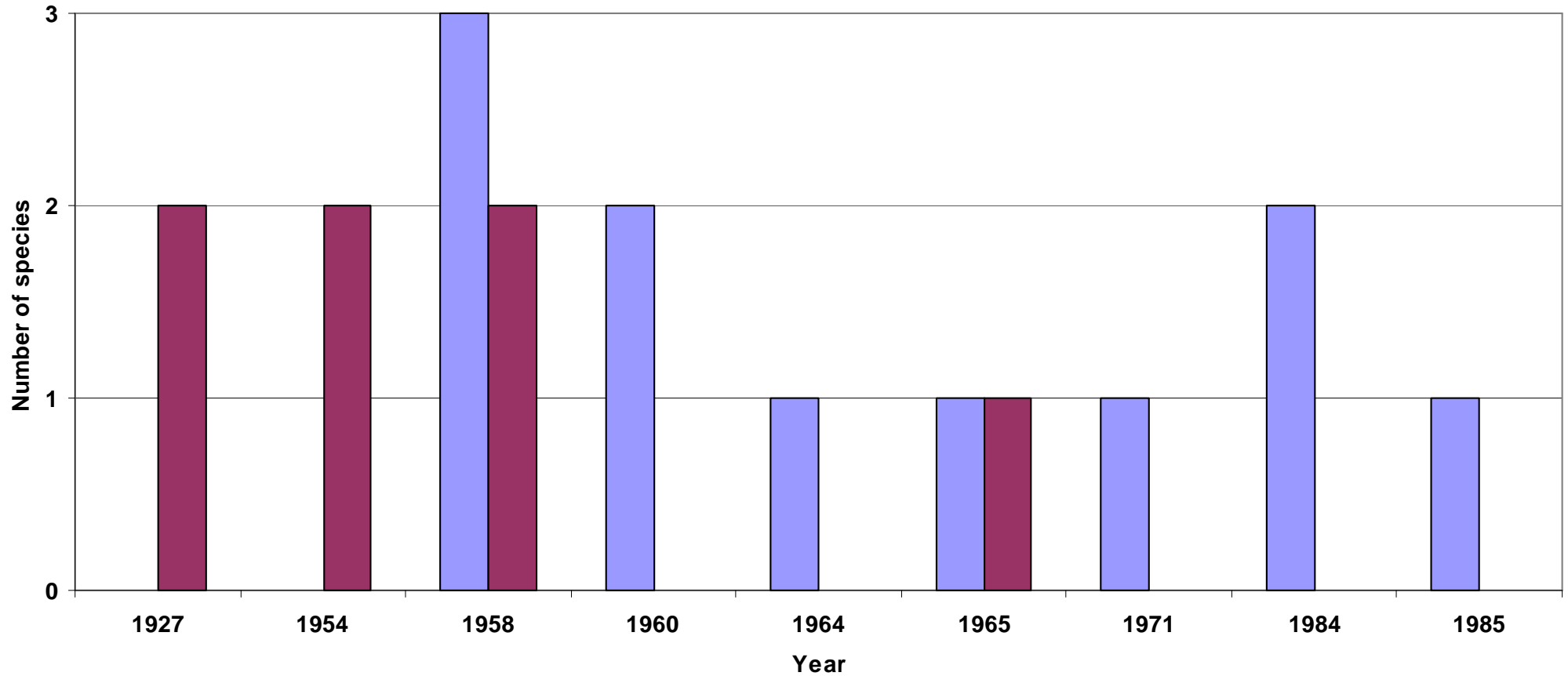
* *Ophicephalus (Channa) argus* Cantor

* - вселены случайно

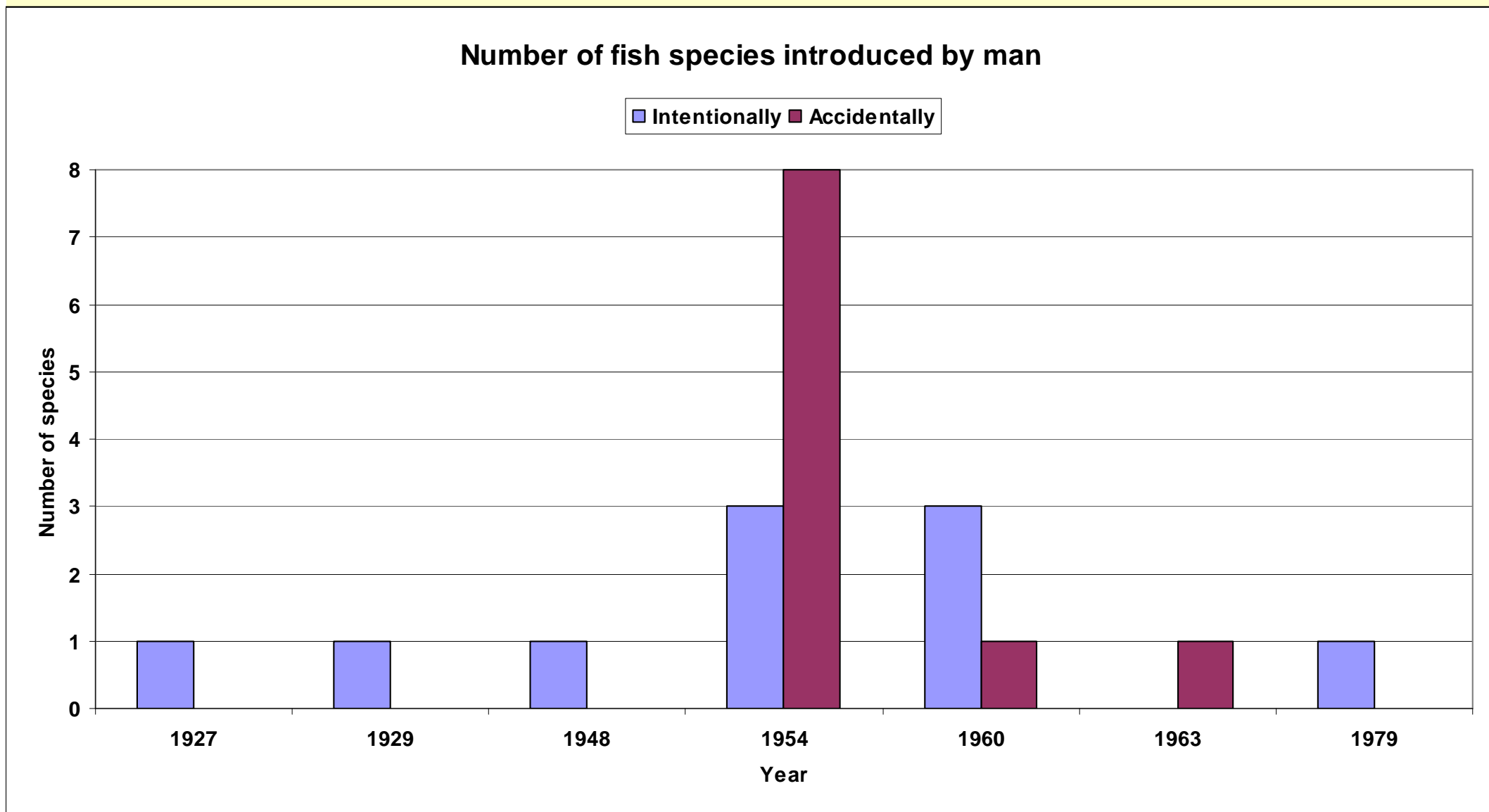
Число видов беспозвоночных, вселенных в Арал человеком

Number of invertebrate species introduced by man

Intentionally Accidentally



Число видов рыб, вселенных в Арал человеком



Syndosmya segmentum



Syndosmya и *Hediste*, специально вселенные в Арал, являются ценным кормом для рыб, в том числе для вселенной камбалы.

Hediste diversicolor

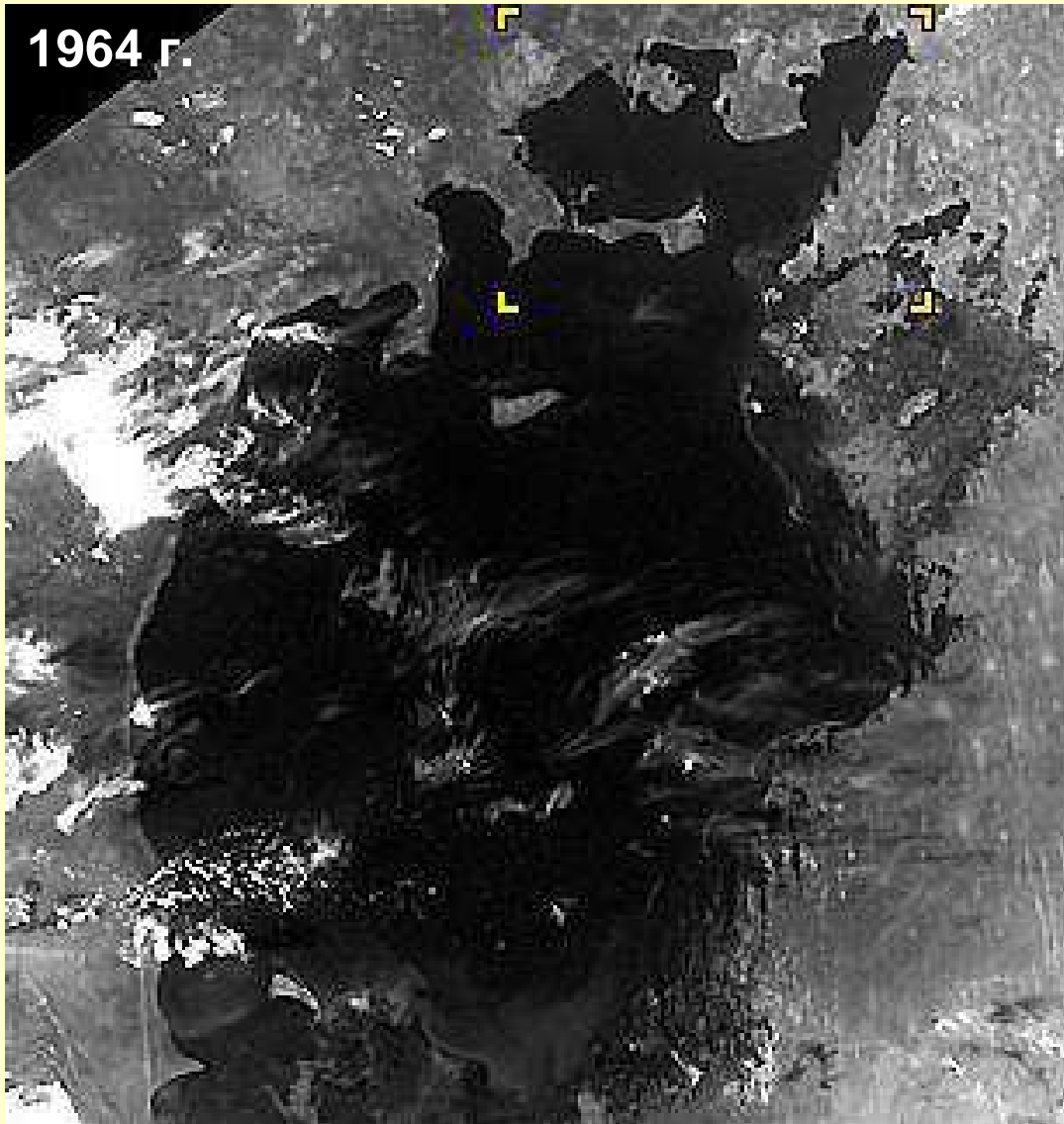


Краб был занесен в Арал случайно.



Rhithropanopeus harrisi tridentata

С 1960 г. Аральское море постоянно мелеет из-за изъятия речных вод на орошение





В 2009 г. площадь Арала – 8410 км² (13%), объем – 85 км³ (7.5%); Большой Арал – 4922 км² (8%), 58 км³ (6%), соленость >100 г/л;
Малый Арал – 3487 км² (57%), 27 км³ (33%), соленость 10-14 г/л

РАЗВИТИЕ ОРОШЕНИЯ В БАССЕЙНЕ АРАЛЬСКОГО МОРЯ



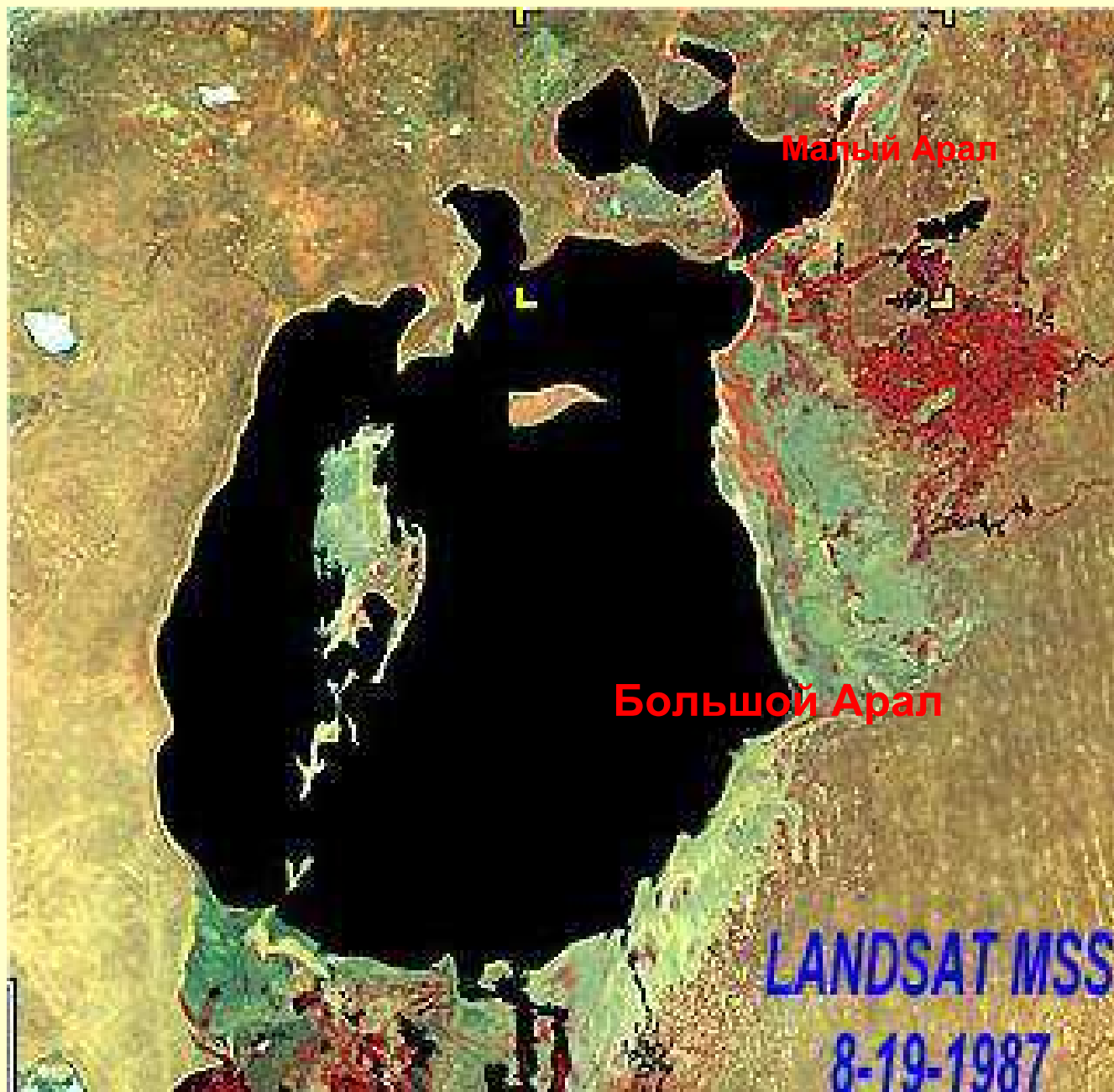
P. Micklin 2000

MAJOR IRRIGATION COMPLEXES IN THE ARAL SEA BASIN

-  main irrigation zones in the Aral Sea Basin
-  proposed Siberia-Aral Sea Canal

- | | |
|----------------------|-------------------------|
| 1. Kara-Kum Canal | 7. Surkhandar'ya Valley |
| 2. Amu Dar'ya Delta | 8. Golodnaya Steppe |
| 3. Amu-Bukhara Canal | 9. Fergana Valley |
| 4. Zeravshan Valley | 10. Middle Syr Dar'ya |
| 5. Karshi Steppe | 11. Kzyl-Orda Canal |
| 6. Middle Amu Dar'ya | 12. Syr Dar'ya Delta |

В конце 1980-х гг., когда уровень снизился на 13 м и достиг отметки +40 м, Аральское море перестало быть единым водоемом и разделилось на Малый и Большой Арал.

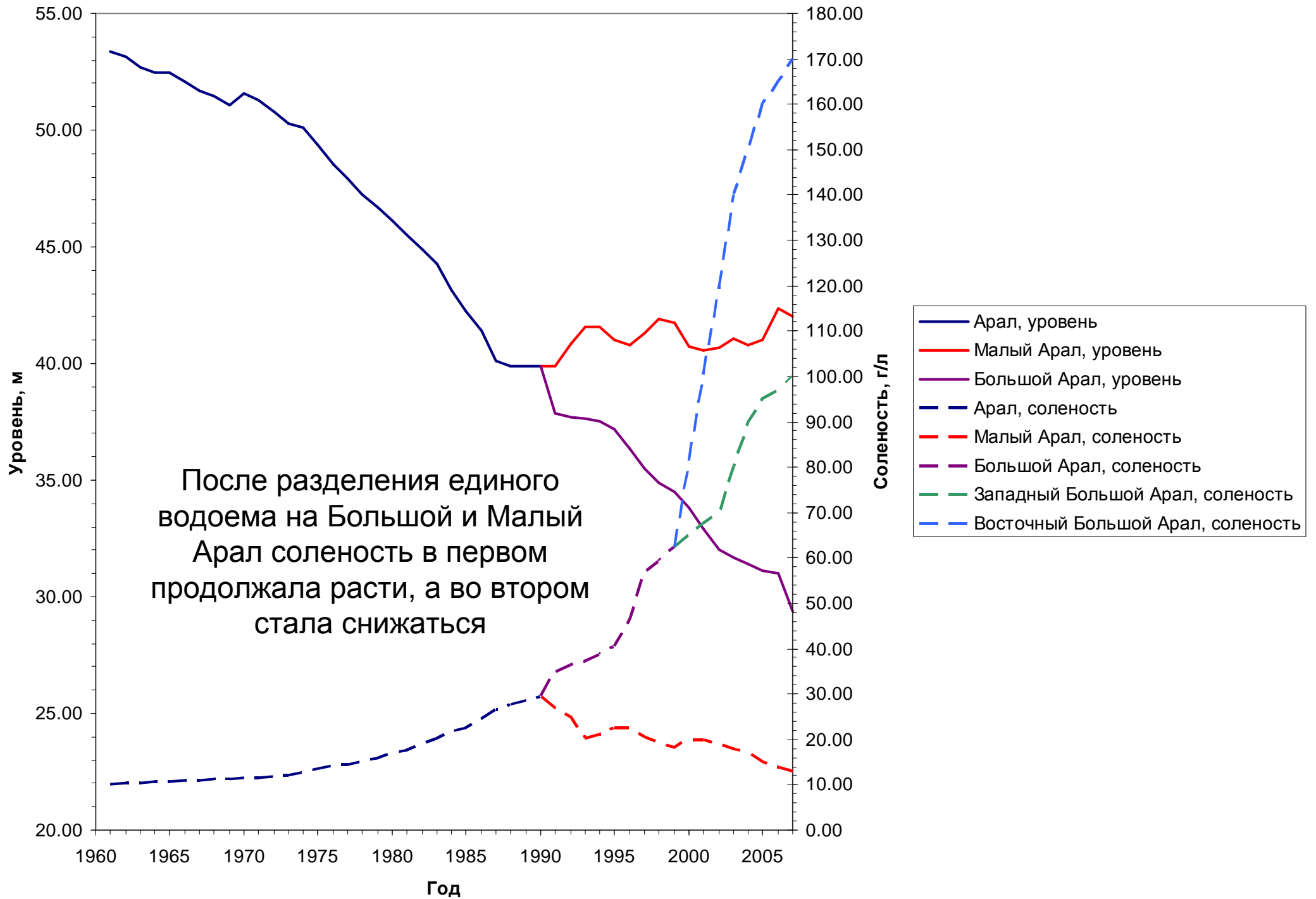


Площадь 40000 км²
(60% от 1960 г.)

Объем 333 км³
(33% от 1960 г.)

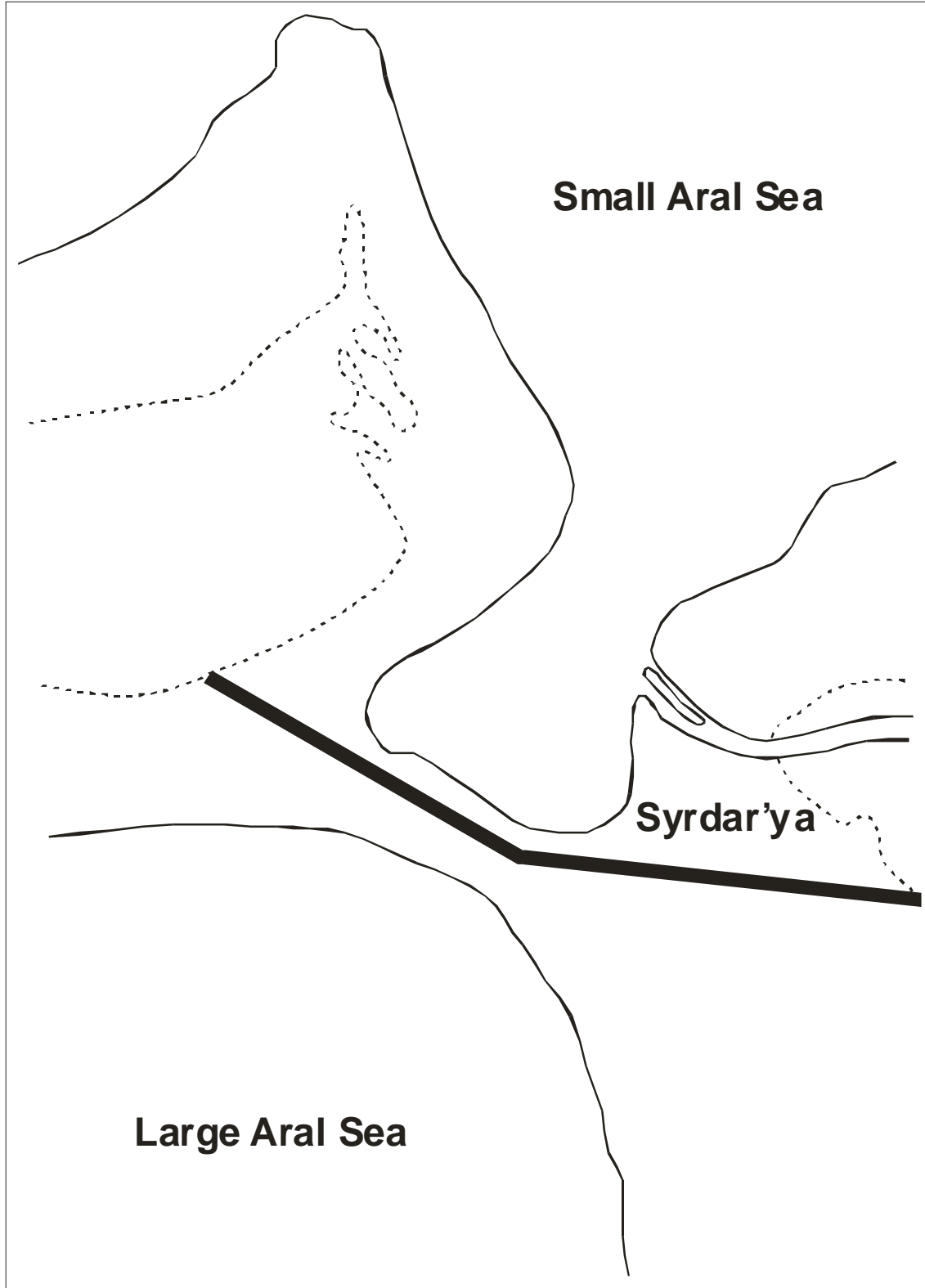
Соленость 30 г/л
(10 г/л в 1960 г.)

Изменение уровня и солёности Аральского моря



Мы предлагали 4 основных пути консервации и реабилитации Аральского моря и его экосистем

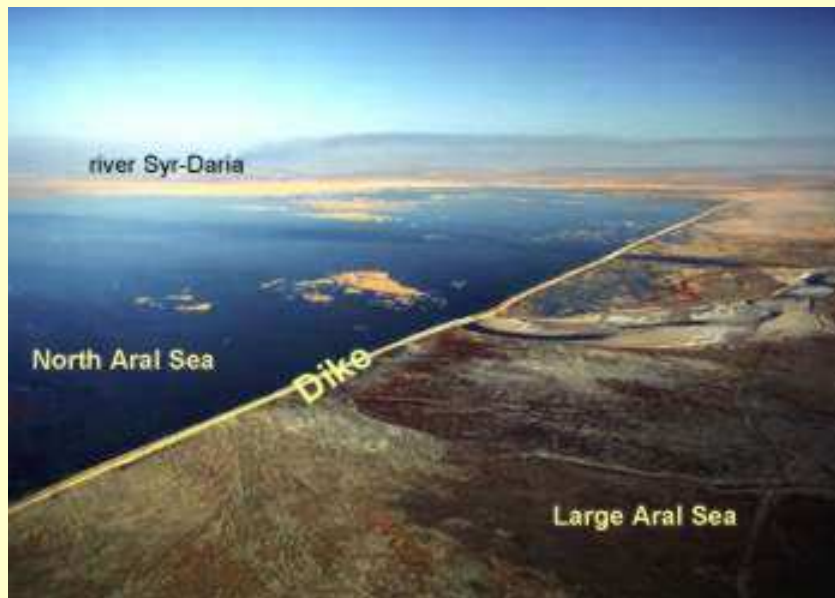
- 1. Консервация и реабилитация Малого Арала**
- 2. Консервация и реабилитация Большого Арала**
- 3. Консервация и реабилитация дельты и придельтовых водоемов Сыр-Дарьи**
- 4. Консервация и реабилитация дельты и придельтовых водоемов Аму-Дарьи**



**Плотина в проливе
Берга позволяет
сохранить Малый
(северный) Арал и
способствует
восстановлению его
биоразнообразия**

По: Aladin N.V., Plotnikov I.S., Potts W.T.W., 1995. The Aral Sea desiccation and possible ways of rehabilitation and conservation of its North part // Int. J. Environmetrics. Vol. 6: 17-29.

Плотина впервые была построена по нашему предложению в августе 1992 г.



Первая плотина в проливе Берга



Зоопланктон Малого Аральского моря вскоре после его отделения и в настоящее время (только массовые виды)

1989 г.

Rotatoria

Synchaeta vorax
S. cecilia

Copepoda

Calanipeda aquaedulcis
Halicyclops rotundipes aralensis

Bivalvia Larvae

Syndosmya segmentum
Cerastoderma isthmicum

2014 г.

Rotatoria

Synchaeta vorax
S. cecilia

Keratella quadrata

Cladocera

Podonevadne camptonyx
Evadne anonyx

Copepoda

Calanipeda aquaedulcis
Cyclops vicinus

Bivalvia Larvae

Syndosmya segmentum
Cerastoderma isthmicum

Зообентос Малого Аральского моря вскоре после его отделения и в настоящее время

(только массовые виды)

1989 г.

Bivalvia

Syndosmya segmentum

Cerastoderma isthmicum

Gastropoda

Caspiohydrobia spp.

Polychaeta

Hediste diversicolor

Ostracoda

Cyprideis torosa

Decapoda

Palaemon elegans

2014 г.

Bivalvia

Syndosmya segmentum

Polychaeta

Hediste diversicolor

Ostracoda

Cyprideis torosa

Eucypris mareotica

Decapoda

Palaemon elegans

Insecta

Chironomidae larvae

После возведения в 1992 г. плотины в проливе Берга в конце XX века на Малом Арале был возобновлен рыбный промысел.

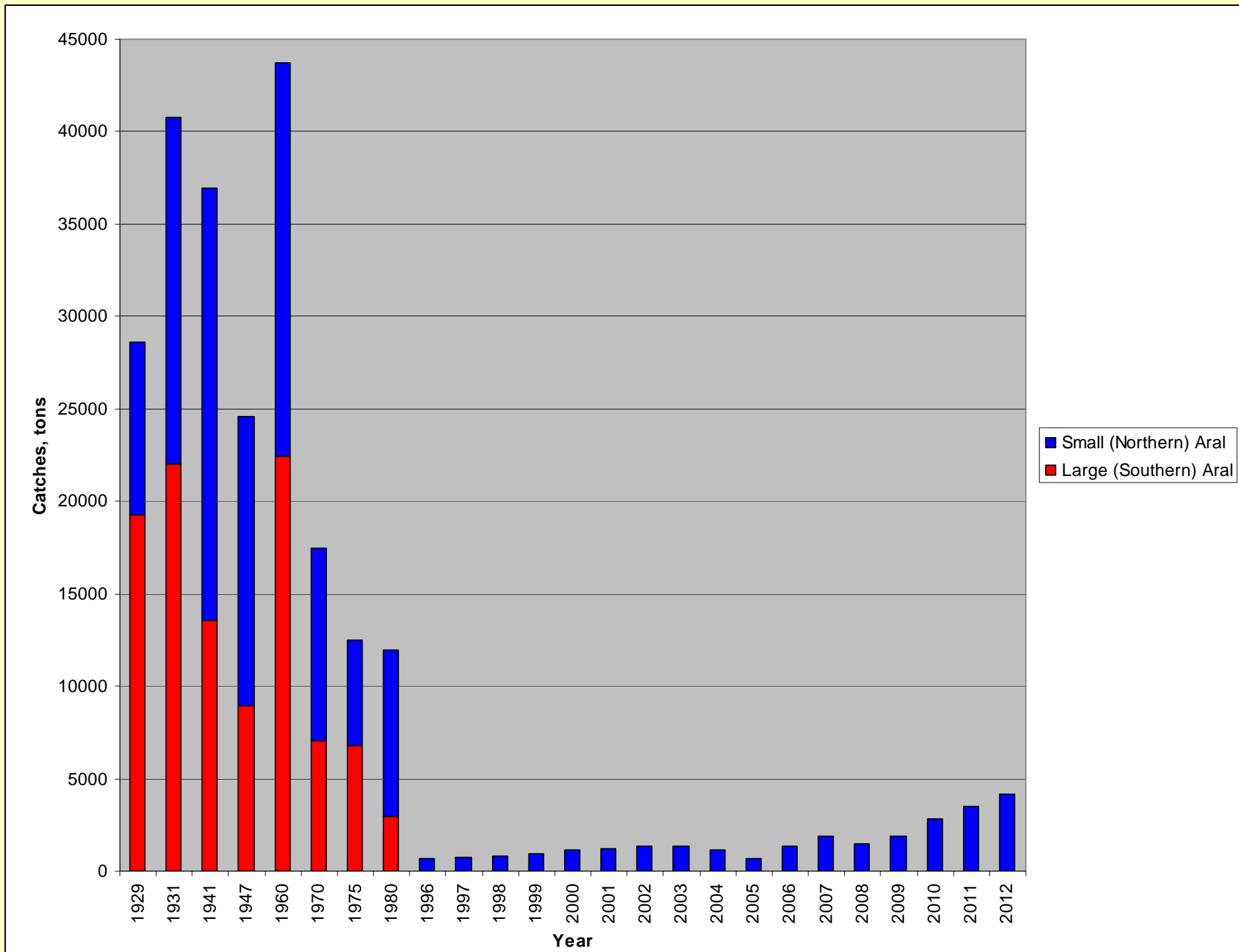


Рыбы Малого Аральского моря (2007 г.)

Средняя соленость порядка 11-14 г/л

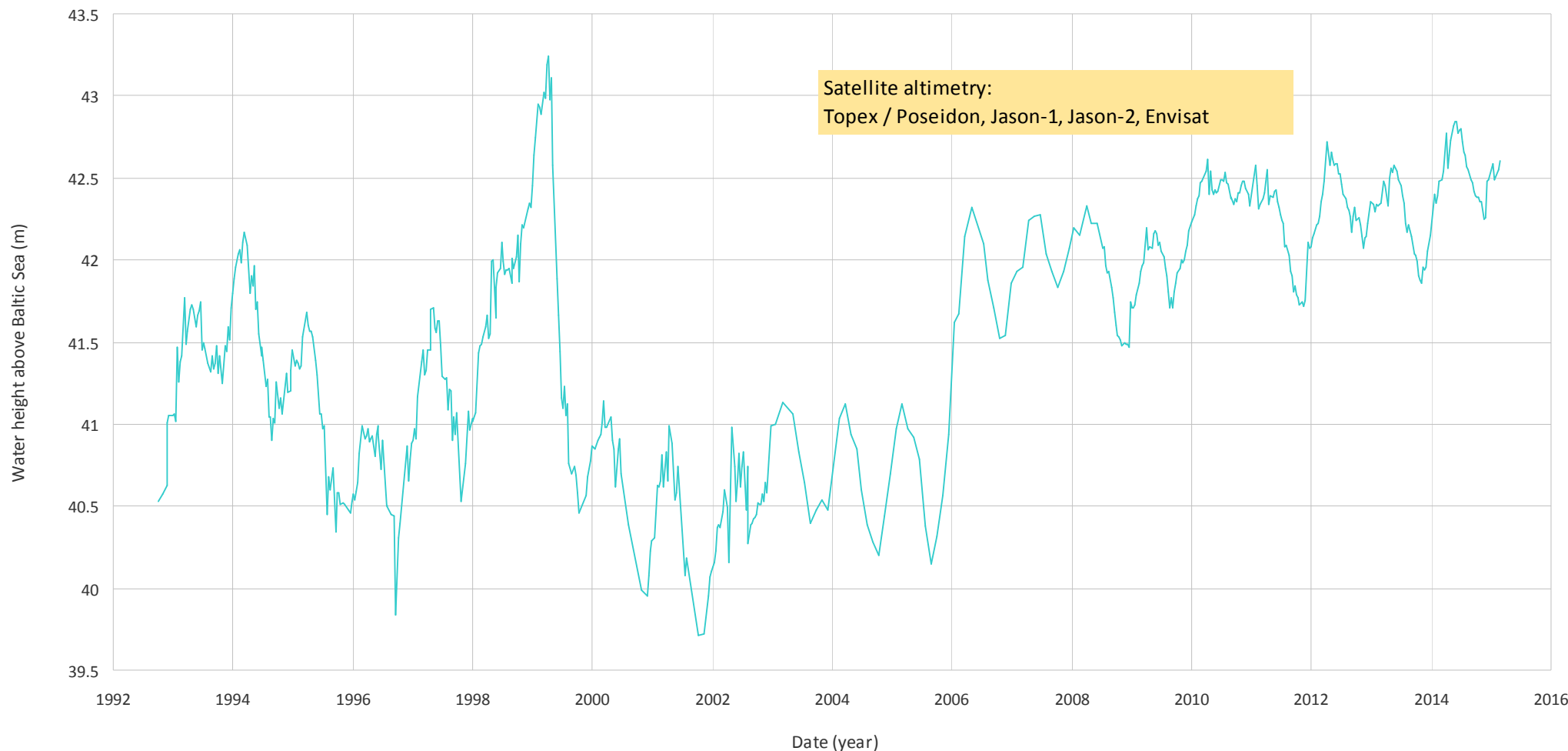
1. Лещ – *Abramis brama*
2. Сазан – *Cyprinus carpio*
3. Белый амур – *Ctenopharyngodon idella*
4. Судак – *Sander lucioperca*
5. Камбала – *Platichthys flesus*
6. Колюшка – *Pungitius platygaster* - ?
7. Салака – *Clupea harengus membras*
8. Атерина – *Atherina boyeri caspia*
9. Бычок-бубырь – *Knipowitschia caucasicus*
10. Бычок-песчаник – *Neogobius fluviatilis*
11. Бычок-кругляк – *Neogobius melanostomus*

Динамика уловов в северном и южном Арале



**Весной 1999 г., когда уровень Малого Арала
повысился более чем на 3 м, достигнув отметки +43.5 м,
плотина полностью разрушилась
(данные спутниковой альтиметрии, предоставлены J.-F. Cretaux)**

North Aral



Пролив Берга до (слева) и после (справа) прорыва плотины

April 14, 1999



April 30, 1999



Source: USGS Global Visualization Viewer, Landsat 4-5 TM
(<http://glovis.usgs.gov/ImgViewer/Java2ImgViewer.html>)



19.04.99



21.04.99



22.04.99



24.04.99



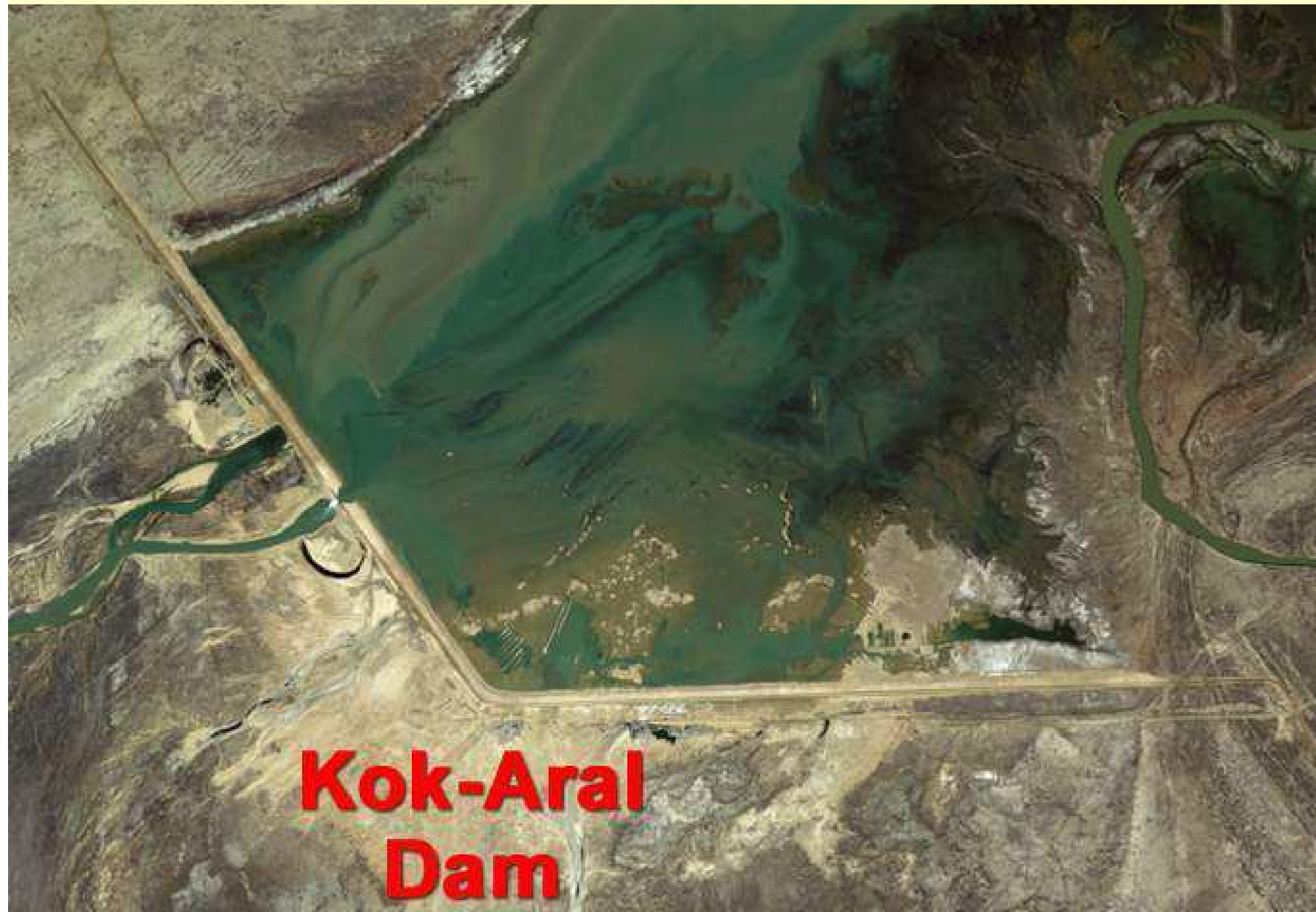
К сожалению, в ночь 21-22 апреля 1999 г. во время шторма волны разрушили дамбу. В это время на ней работали люди. Два человека утонуло, 27 рабочих были спасены лодками и вертолетами. Бульдозеры и самосвалы утонули в песке.

Российская компания «Зарубежводстрой» благодаря финансированию Мирового банка приступила к строительству новой постоянной плотины и завершила его осенью 2005 г.



К сожалению, по ряду причин работы были выполнены по сокращенной схеме. Уровень Малого моря поднялся не до отметки +47 м, а только до отметки +42-43 м, что не позволило достичь ранее запроектированных объема и площади Малого Арала. Соленость в нем составила 11-14 г/л. Водослив на месте бывшего пролива Аузы-Кокарал построен не был, сооружен только главный водослив в проливе Берга.

Новая плотина, построенная российской компанией «Зарубежводстрой»



**Kok-Aral
Dam**

Водопускное сооружение новой плотины в проливе Берга в сентябре 2007 г.



Малый Арал до постройки плотины



Судно вдали от моря (сентябрь 2005 г.)



Малое море после постройки плотины



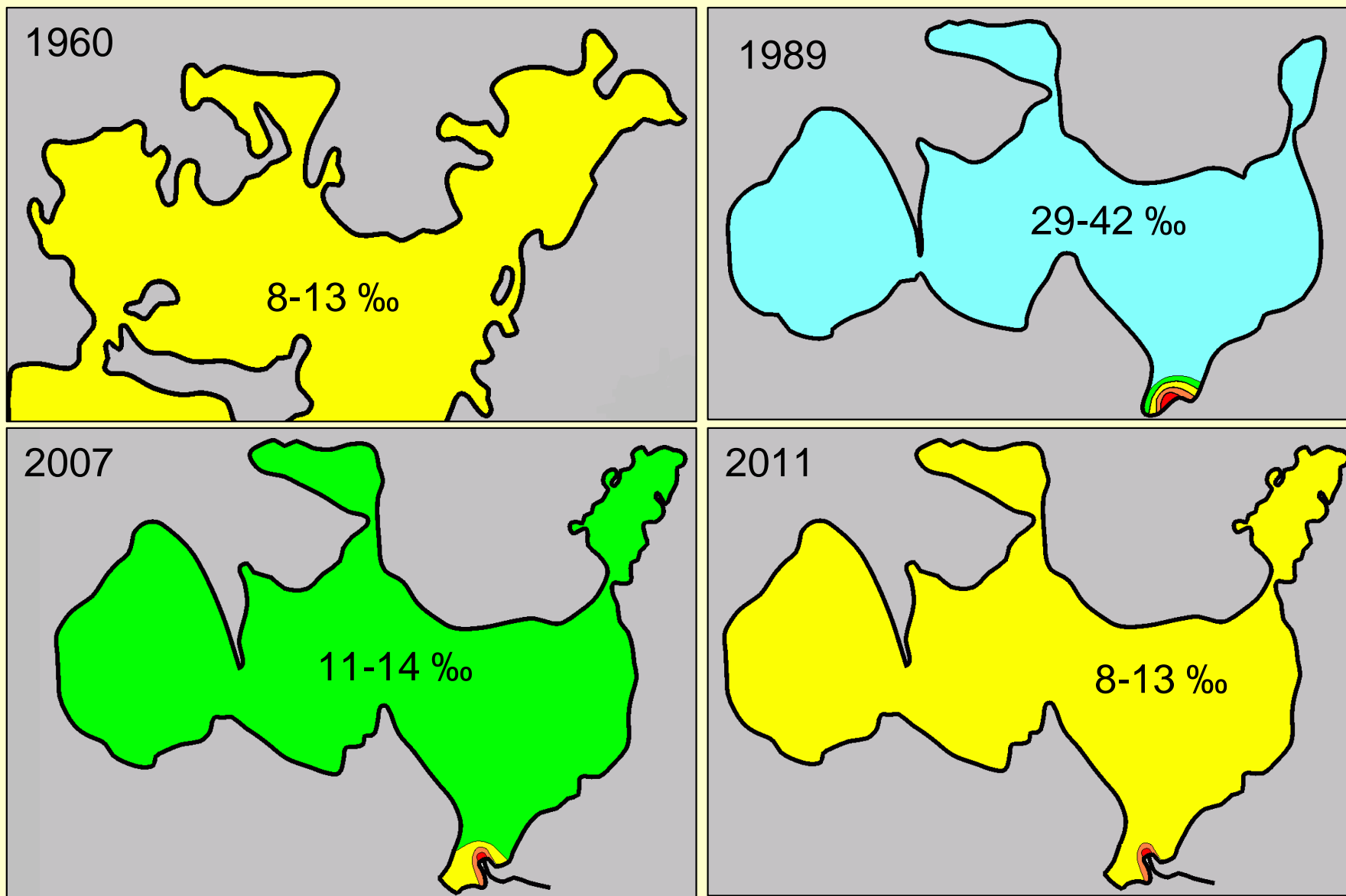


**Из-за подъема уровня Малого Арала это судно оказалось
в воде (сентябрь 2007 г.)**



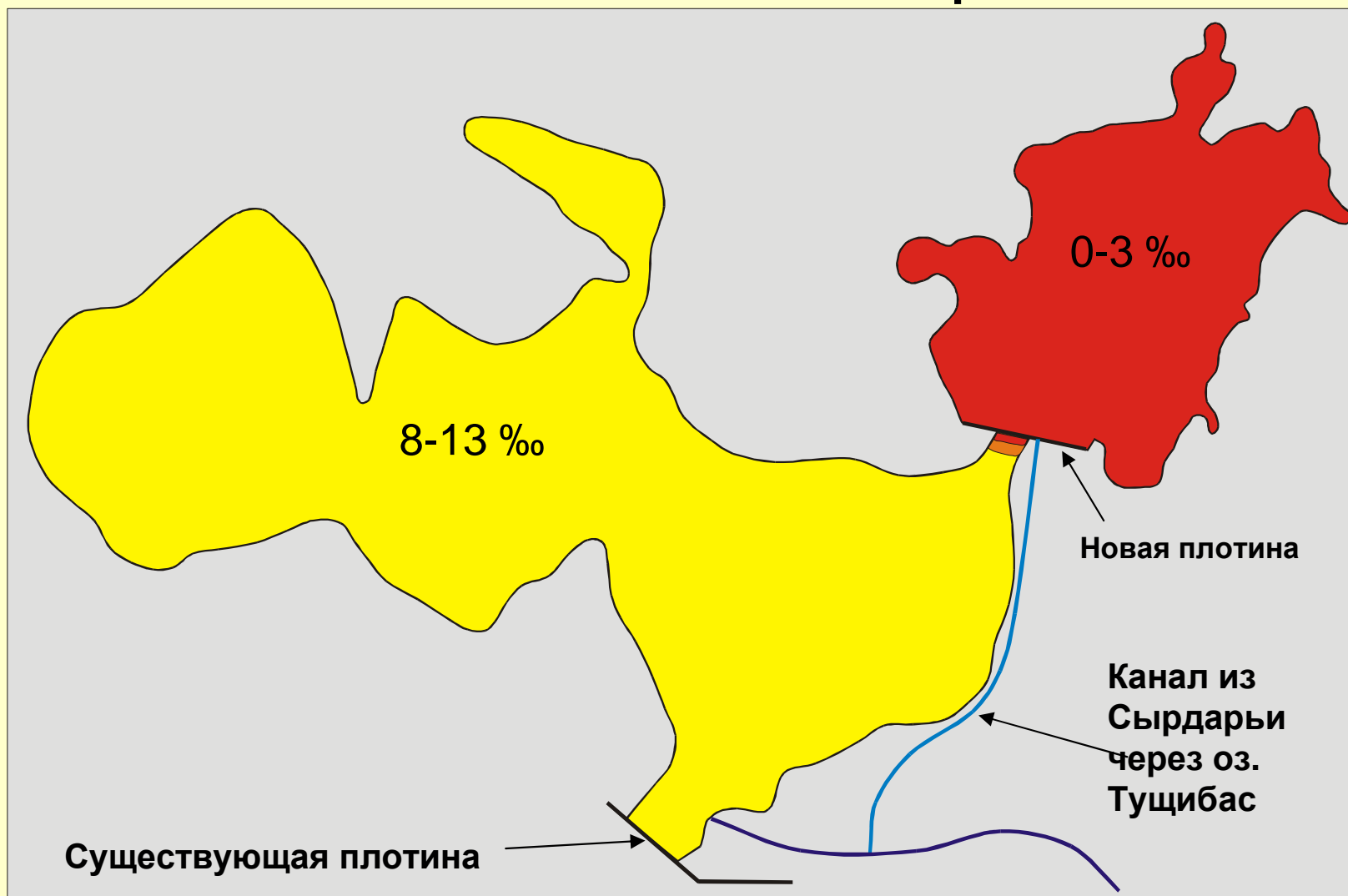
После некоторого снижения уровня Малого Арала этот же корабль в сентябре 2011 г. оказался у береговой линии

Плотина в проливе Берга, построенная на средства GEF и правительства Казахстана, позволила улучшить солоноватоводную среду обитания в Малом (северном) Аральском море



- Плотина в проливе Берга позволила поднять уровень Малого (северного) Арала до отметки +42 м.
- В настоящее время соленость Малого (северного) Арала около 11-14 г/л. В ближайшем будущем она снизится до 8-13 г/л.
- Для дальнейшего улучшения ситуации нужно повысить эффективность орошения чтобы увеличить сток Сырдарьи.
- Возможно несколько и поднять уровень воды до отметки +45 м. Это позволит увеличить объем и площадь Малого (северного) Арала.

Альтернативный вариант 2-го этапа проекта восстановления Малого Арала



- Альтернативный 2-й вариант проекта позволит поднять уровень залива Большой Сарычеганак.
- Второй этап создаст условия для дальнейшего улучшения здоровья местного населения, снижения безработицы и повышения жизненных стандартов, а также доходов.
- Также произойдет улучшение местной экономической ситуации (рыболовство, судоходство и др.).
- Микроклимат вокруг Малого (северного) Арала станет лучше, чем сейчас.

Вторая плотина, которую предполагается построить в ближайшем будущем
Уровень +46-47 м

Аральск

Канал до г. Аральска
(≈10 км)

Канал от оз. Тущибас до зал. Большой Сарычаганак
(≈50 км)

Жаланаш

Аральски

Плотина САМ

Бугуны

оз. Тущибас

оз. Карашалак

Жанакурылмо

озера Ақшатау

озера Аршарған

оз. Лайкөл

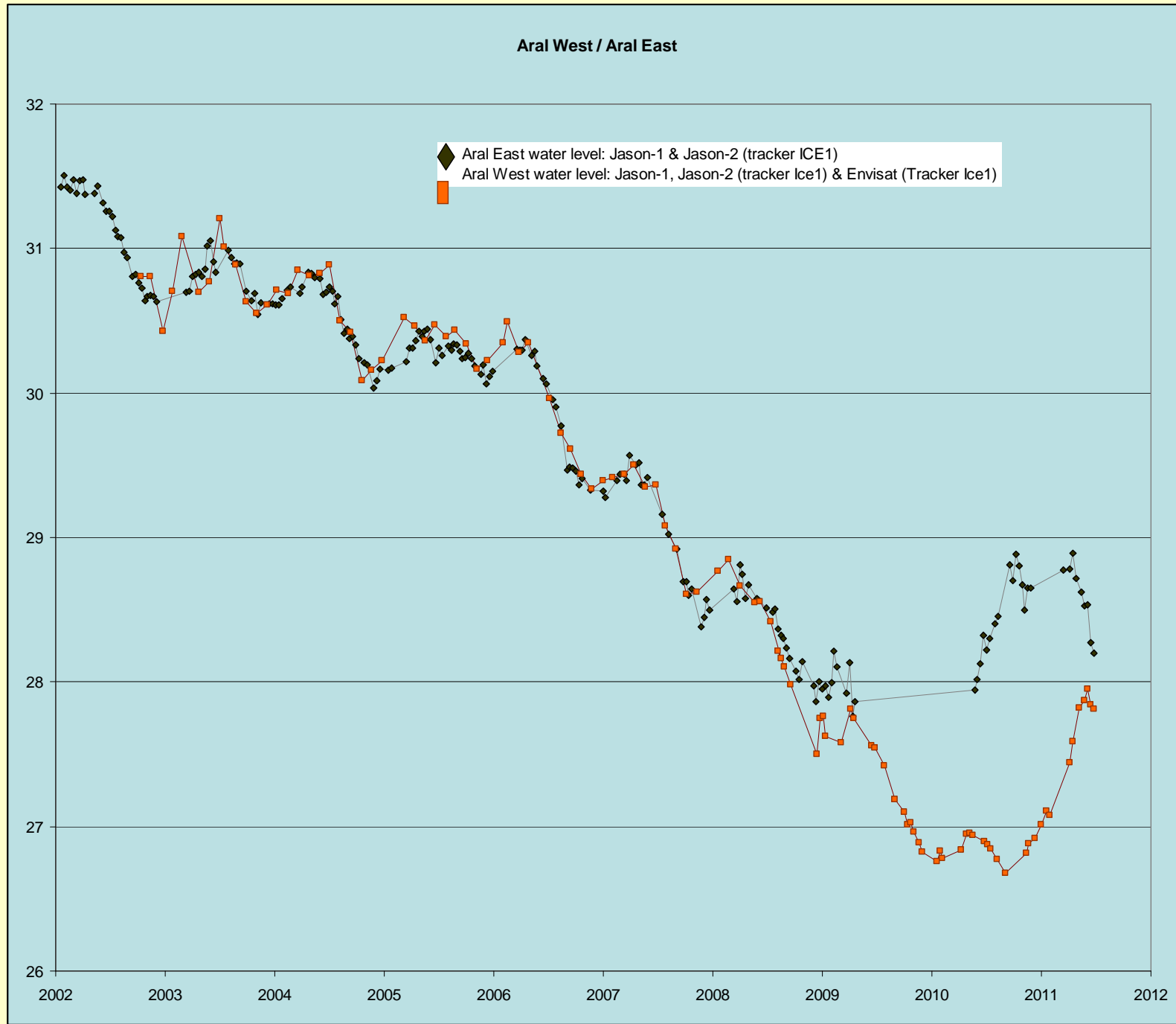
оз. Жалаңашкөл

оз. Каракөл

оз. Қамыслыбас

Қызылжар

С момента разделения Арала на 2 озера в конце 1980-х гг. уровень Большого Арала неуклонно снижается



Зоопланктон Большого Аральского моря вскоре после его отделения и в настоящее время

(только массовые виды)

1989 г.

Rotatoria

Synchaeta vorax

S. cecilia

Copepoda

Calanipeda aquaedulcis

Halicyclops rotundipes aralensis

Larvae Bivalvia

Syndosmya segmentum

Cerastoderma isthmicum

2005 г.

Infusoria

Fabrea salina

Rotatoria

Brachionus plicatilis

Hexarthra fennica

Cladocera

Moina mongolica

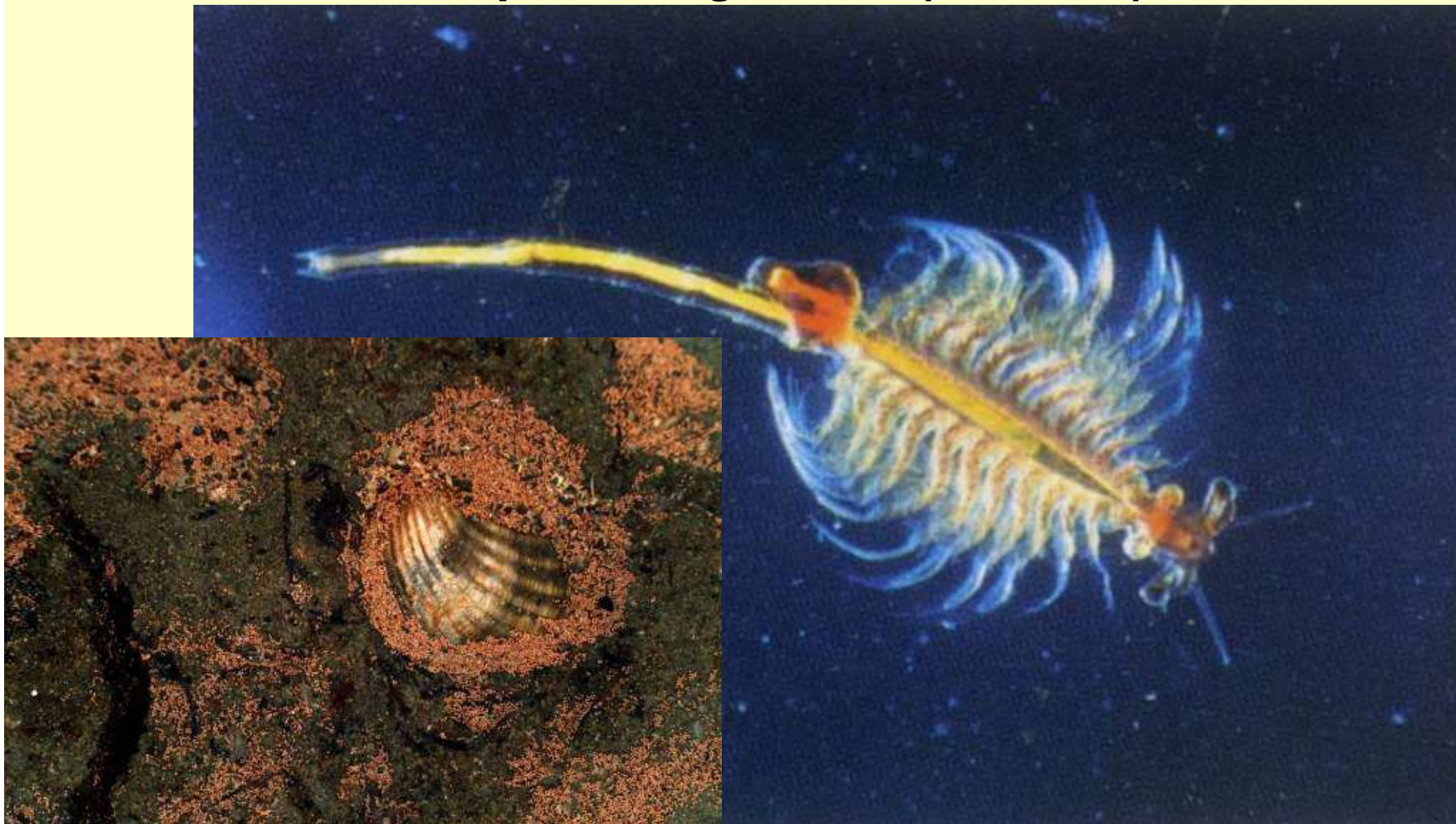
Copepoda

Apocyclops dengizicus

Branchiopoda

Artemia parthenogenetica

**В конце XX века в Большом Арале появилась
Artemia parthenogenetica (*A. salina*).**



В 2002-2005 гг. под эгидой международной компании INVE Aquaculture велась подготовка к промышленной добыче ее цист, но сейчас эти работы свернуты.



Плавающие цисты *Artemia*

Зообентос Большого Аральского моря вскоре после его отделения и в настоящее время (только массовые виды)

1989 г.

Bivalvia

Syndosmya segmentum

Cerastoderma isthmicum

Gastropoda

Caspiohydrobia spp.

Polychaeta

Hediste diversicolor

Ostracoda

Cyprideis torosa

Decapoda

Palaemon elegans

Rhithropanopeus harrisi

tridentata

2005 г.

Infusoria

Frontonia marina ?

Turbellaria

Mecynostomum agile ?

Gastropoda

Caspiohydrobia spp.

Ostracoda

Cyprideis torosa

Eucypris mareotica

Insecta

Baeotendipes noctivaga

Изменения в фауне беспозвоночных Большого Арала при его превращении в гипергалинный водоем

- *Synchaeta* spp.
– исчезли в 1997 г.
- *Calanipeda aquaedulcis*
– исчезла в 1997 г.
- *Hediste diversicolor* –
исчез в 2001 г.
- *Cerastoderma isthmicum*
– исчезает в 2001 г.
- *Syndosmya segmentum*
– исчезает в 2002 г.
- *Artemia parthenogenetica*
– появилась в 1998 г.
- *Moina mongolica*
– с 1996 г.
- *Aprocyclops dengizicus*
– с 2004 г.
- *Hexarthra fennica*
– становится массовым
ВИДОМ
- *Brachionus plicatilis*
– становится массовым
ВИДОМ

Ихтиофауна Большого Аральского моря

1998 г.

Камбала – *Platichthys flesus*

Салака – *Clupea harengus membras*

Атерина – *Atherina boyeri caspia*

Бычок-бубырь – *Knipowitschia caucasicus*

Бычок-песчаник – *Neogobius fluviatilis*

2002 г.

Западный бассейн:

Камбала – *Platichthys flesus*

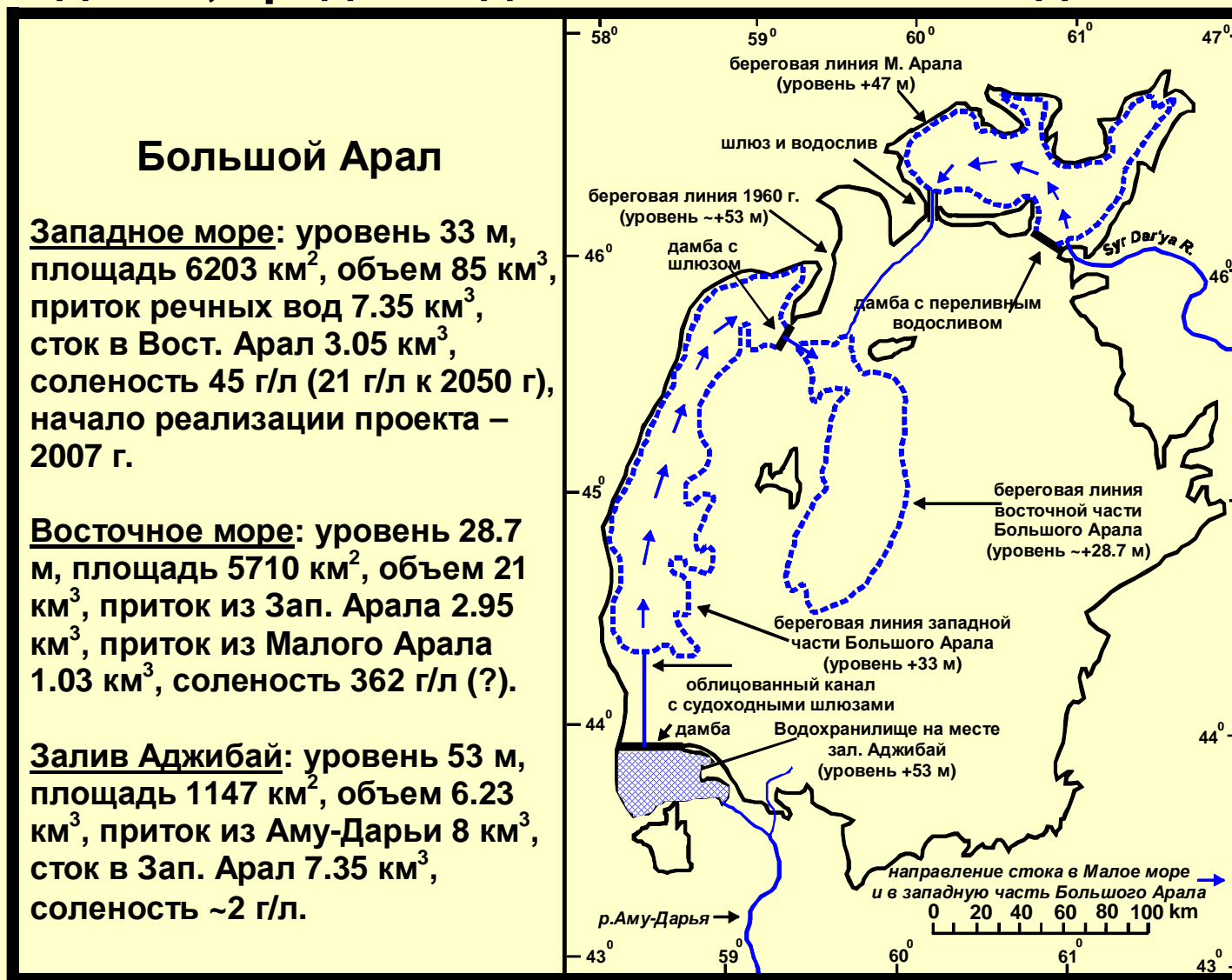
Атерина – *Atherina boyeri caspia*

Восточный бассейн:

Рыб не осталось

В настоящее время в Большом Арале рыб нет нигде

В ближайшие годы планируется реализовать специальный проект, направленный на консервацию и реабилитацию Большого Арала. Однако, средства для этого пока не найдены.



В настоящее время для облегчения поисков финансирования проект упрощается с целью его удешевления. Хотят сохранить только Западный Большой Арал на отметке +29-30 м, соленость в нем будет свыше 100 г/л.

Так выглядит бывшее дно Аральского моря при отсутствии поступления грунтовых вод. Каракалпакия, сентябрь 2004 г.



При наличии грунтовых вод бывшее дно Аральского моря зарастает тростником. Каракалпакия, сентябрь 2004 г.



**Строительство водосброса из Междуреченского водохранилища в русло
Акдарьи для подачи воды в восточную акваторию Большого Арала.
Сентябрь 2004 г.**



**К сожалению, это сооружение разрушилось вскоре после ввода его в
эксплуатацию осенью 2005 г.**

**Водопускное сооружение
по завершении его
строительства в сентябре
2005 г.**



**Оно было
построено для
подачи воды из
Междуреченского
водохранилища
в восточную
часть Большого
Арала по руслу
Акдарьи**





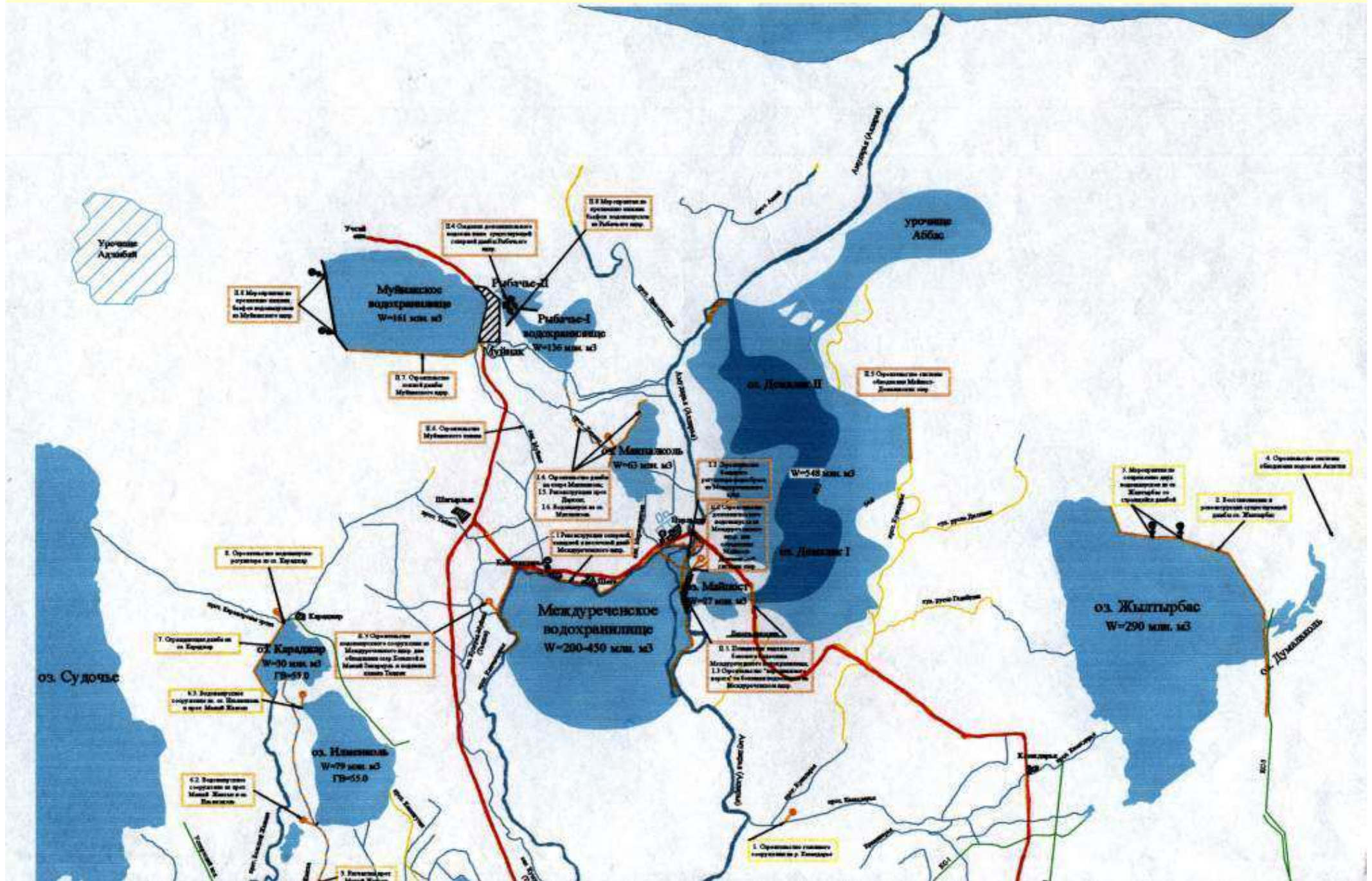
К сожалению, это водопропускное сооружение разрушилось вскоре после ввода его в эксплуатацию в октябре 2005 г.



После этой катастрофы было построено специальное водосбросное сооружение для подачи воды в Восточный Большой Арал из Междуреченского водохранилища по руслу Акдарьи (сентябрь 2015 г.)



Проектируемые небольшие водоемы в дельте Амударьи



**Созданная в нашем институте 26 лет назад
Лаборатория солоноватоводной гидробиологии
продолжила традицию изучения Арала, начатую
в стенах ЗИН в середине XIX века.**

**Особый вклад в изучение Арала внес академик
Л. С. Берг. Его монография 1908 г., посвященная
этому озеру, до сих пор остается актуальной.**

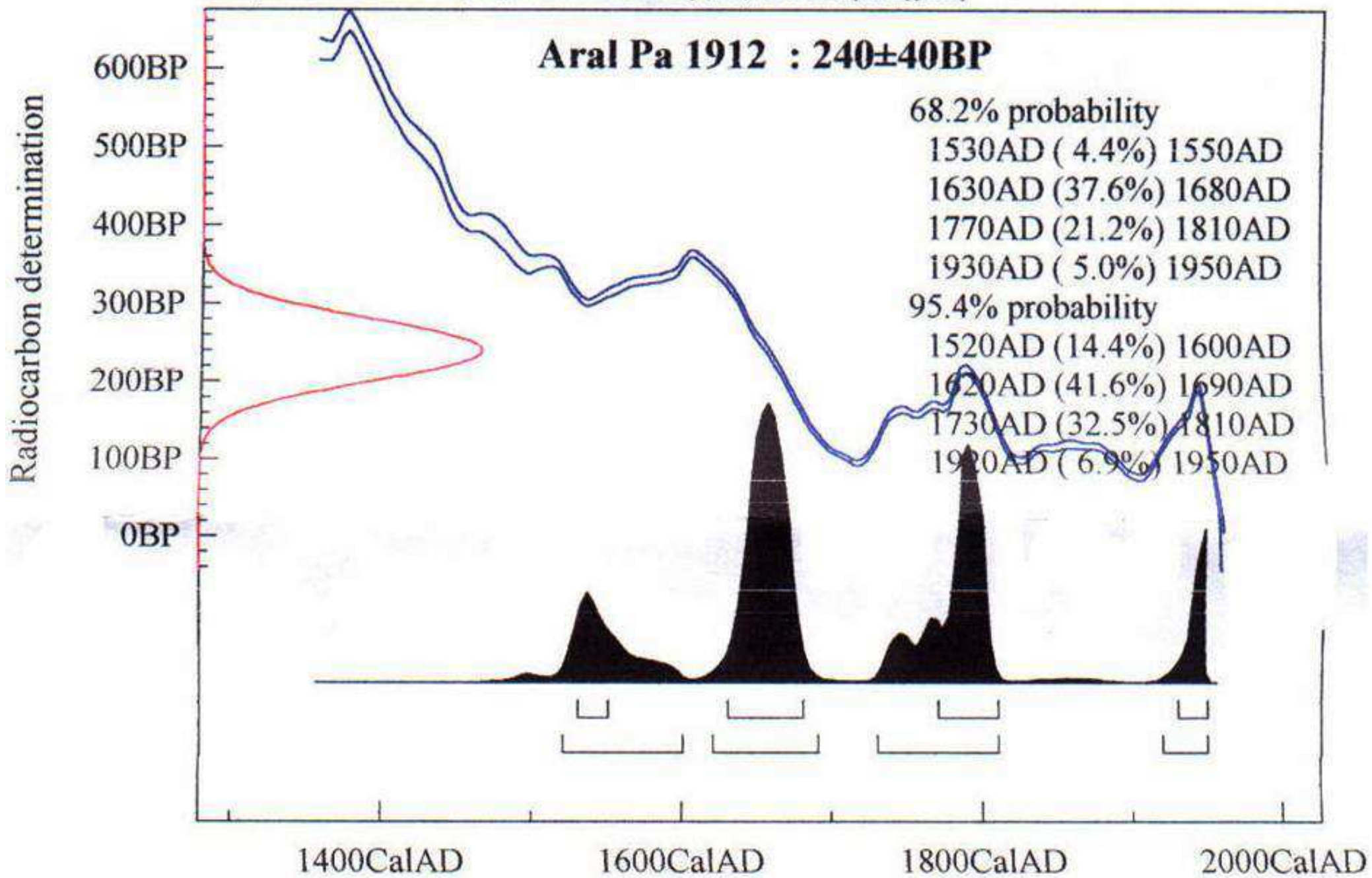
**Коллективу нашей лаборатории удалось
подтвердить предвидение Л. С. Берга, что Арал в
ходе своей истории неоднократно менял свои
очертания. Во время наших экспедиций были
проведены специальные палеолимнологические
исследования, показавшие справедливость
взглядов Л. С. Берга.**



Пеньки средневековых саксаулов, обнаруженные на высохшем дне Арала.



Остатки средневекового саксаула под водой



Радиоуглеродная датировка пеньков саксаула

Бурение на Аральском море. Август-сентябрь 2002 г.





Разрезание пластмассовой трубы с колонкой донных осадков

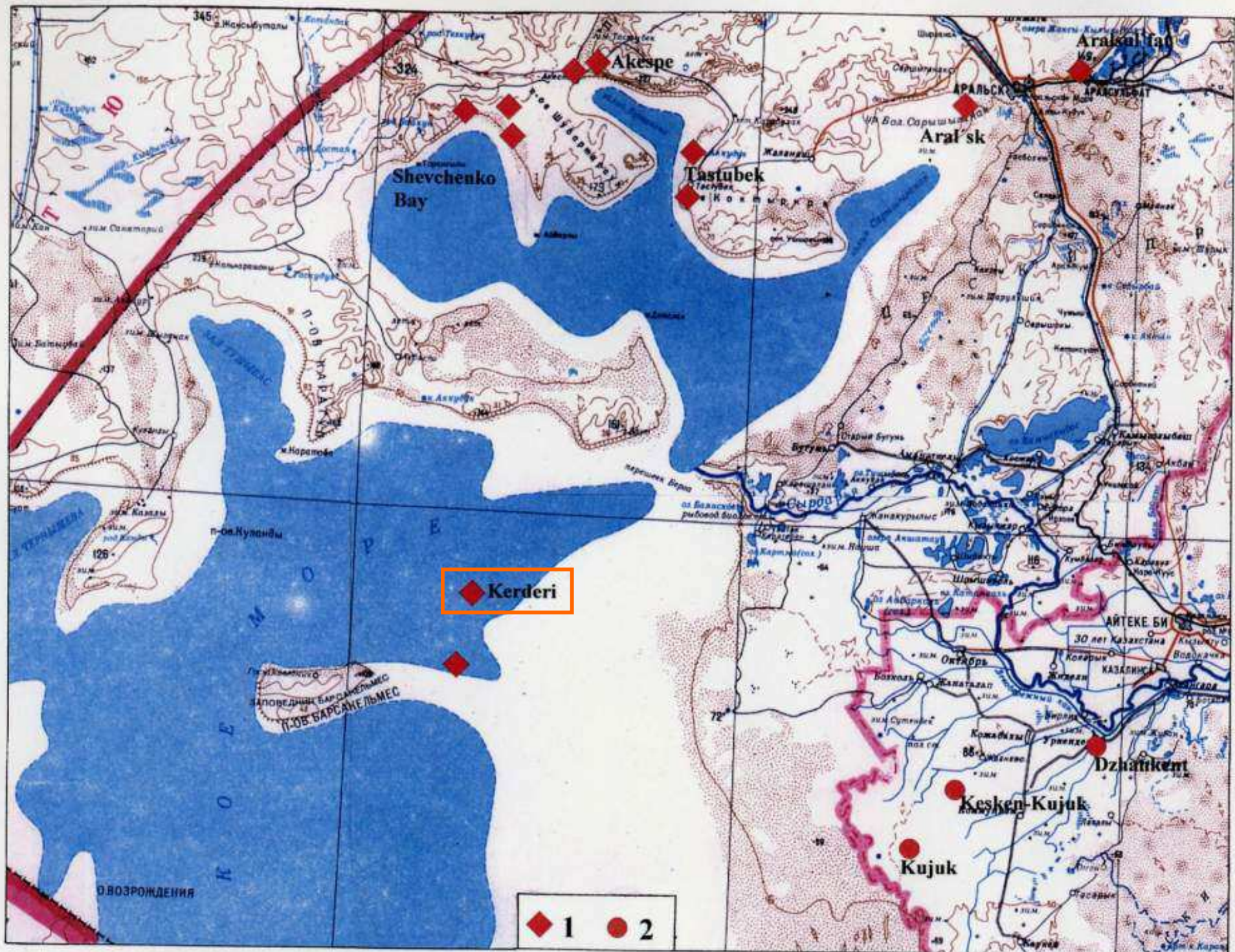


**Разрезание керна металлической пластиной
и деление его на две половины**



Разрезанные керны

Местонахождение мавзолея Кердери



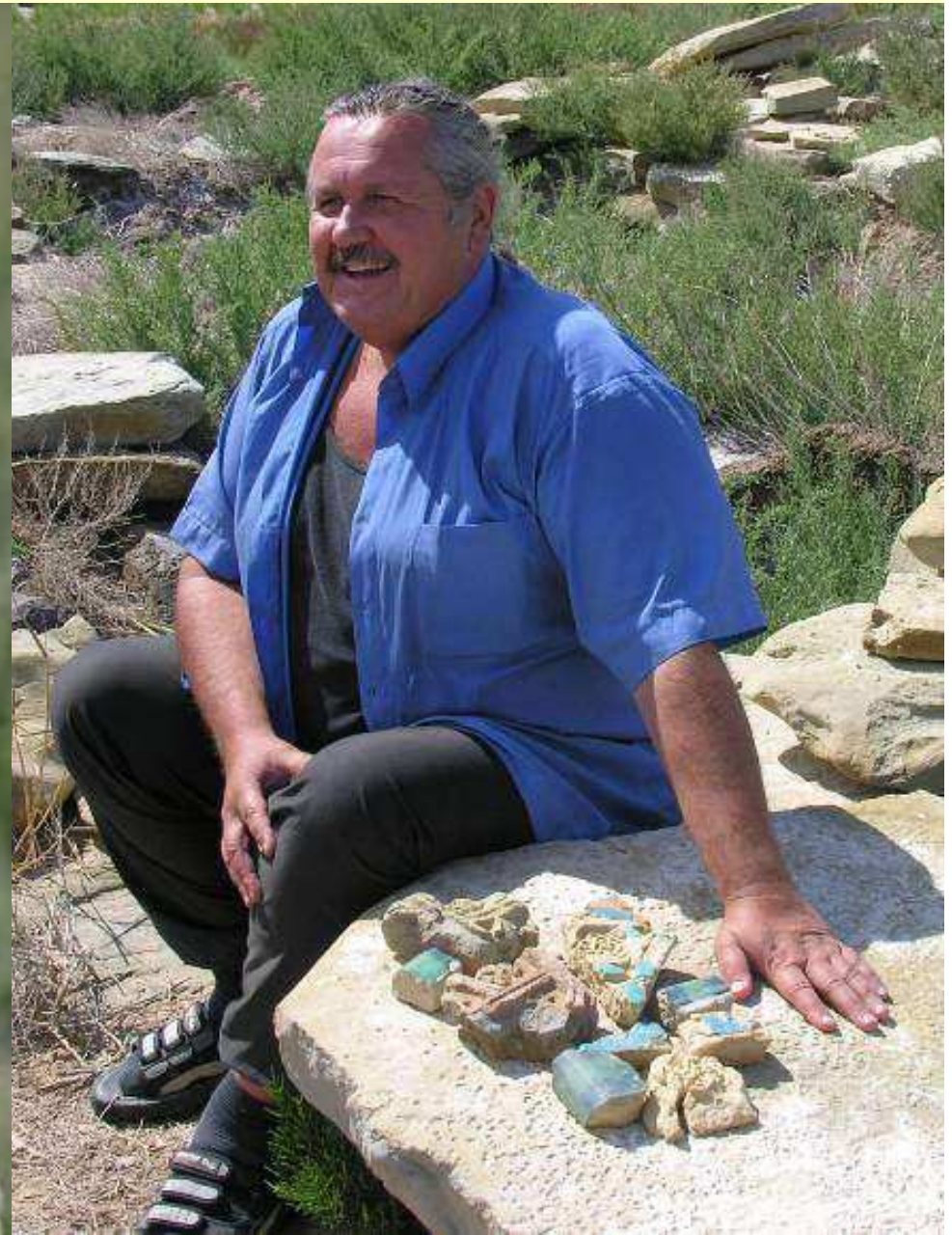


**Развалины средневекового мавзолея,
обнаруженные на высохшем дне Арала.**

**Этот же мавзолей через 4 года.
Развалины покрылись наземной растительностью.**



Декоративная керамика из мавзолея



**Кости *Homo sapiens* и домашних животных,
найденные недалеко от мавзолея**





**Мельничный жернов,
найденный недалеко от
мавзолея Кердери**





**Фрагменты керамики и
череп *Homo sapiens*,
на бывшем дне Арала
недалеко от мавзолея
Кердери**





**Разбитые кувшины на
высохшем дне Арала
недалеко от мавзолея
Кердери**



**Следы деятельности
человека, обнаруженные на
высохшем дне Аральского
моря недалеко от мавзолея
Кердери**

Игла и наконечник стрелы из Кердери-2

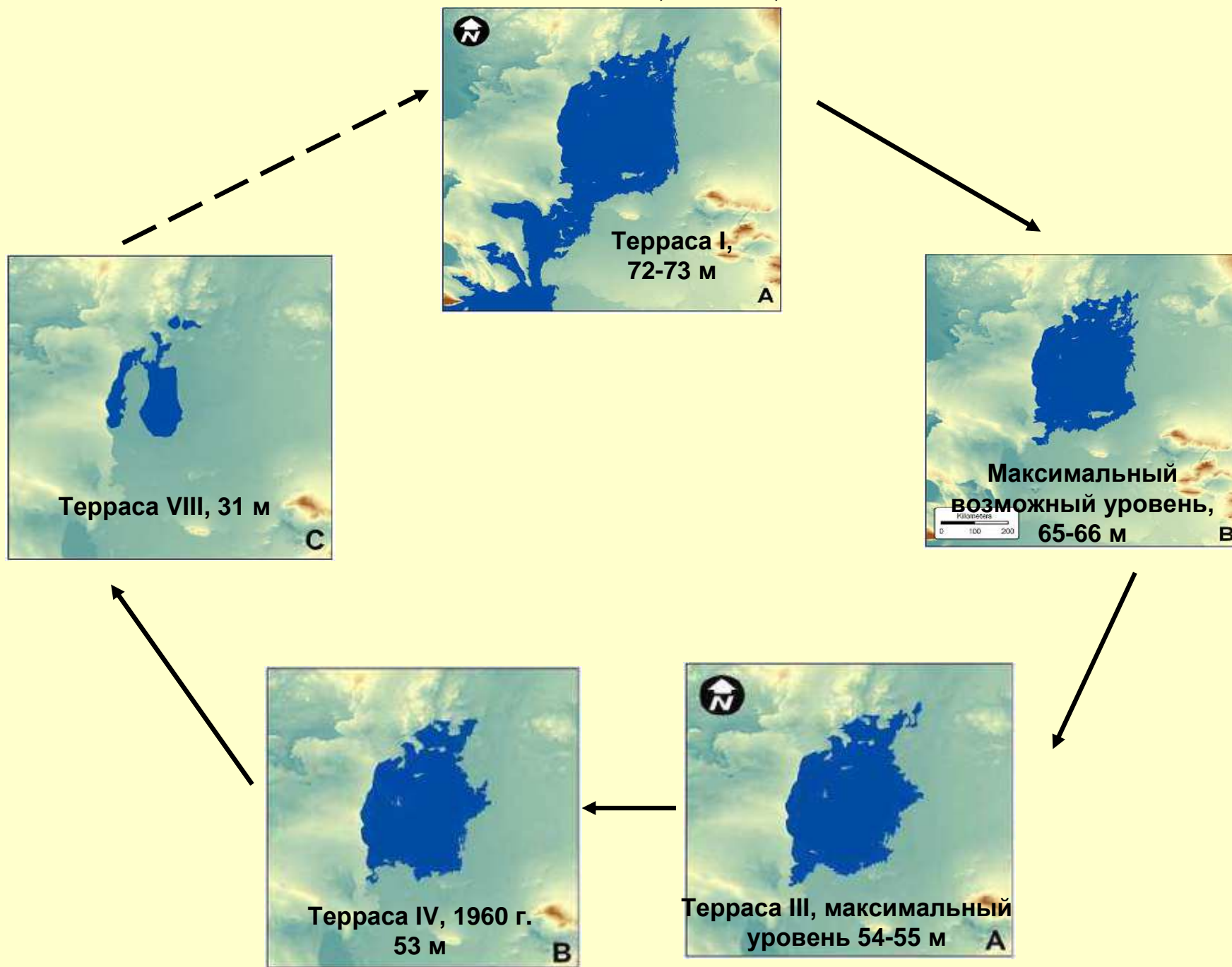




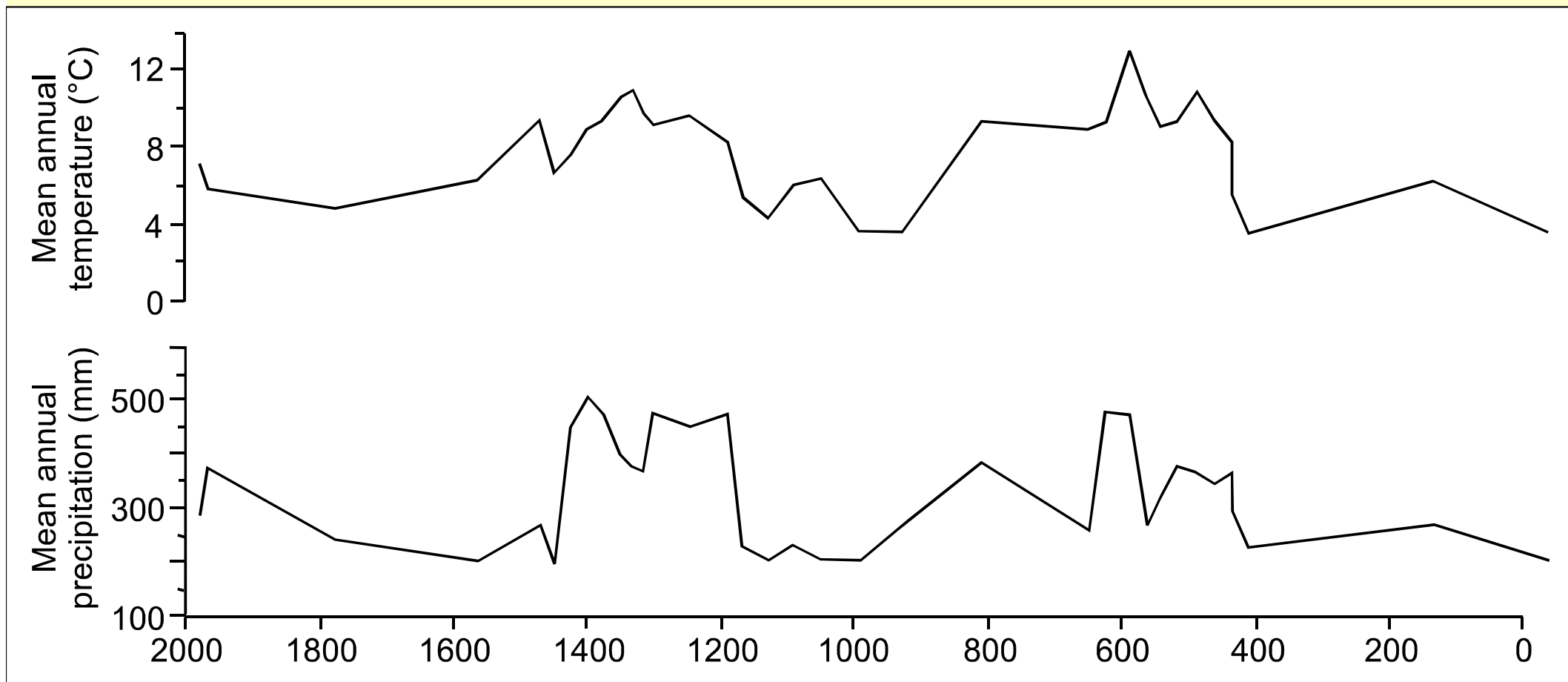
**Остатки средневековых
речных русел,
сохранившиеся на бывшем
дне Аральского моря**

Аральское море при разных уровнях

По: Ch. Reinhardt, 2006, 2007



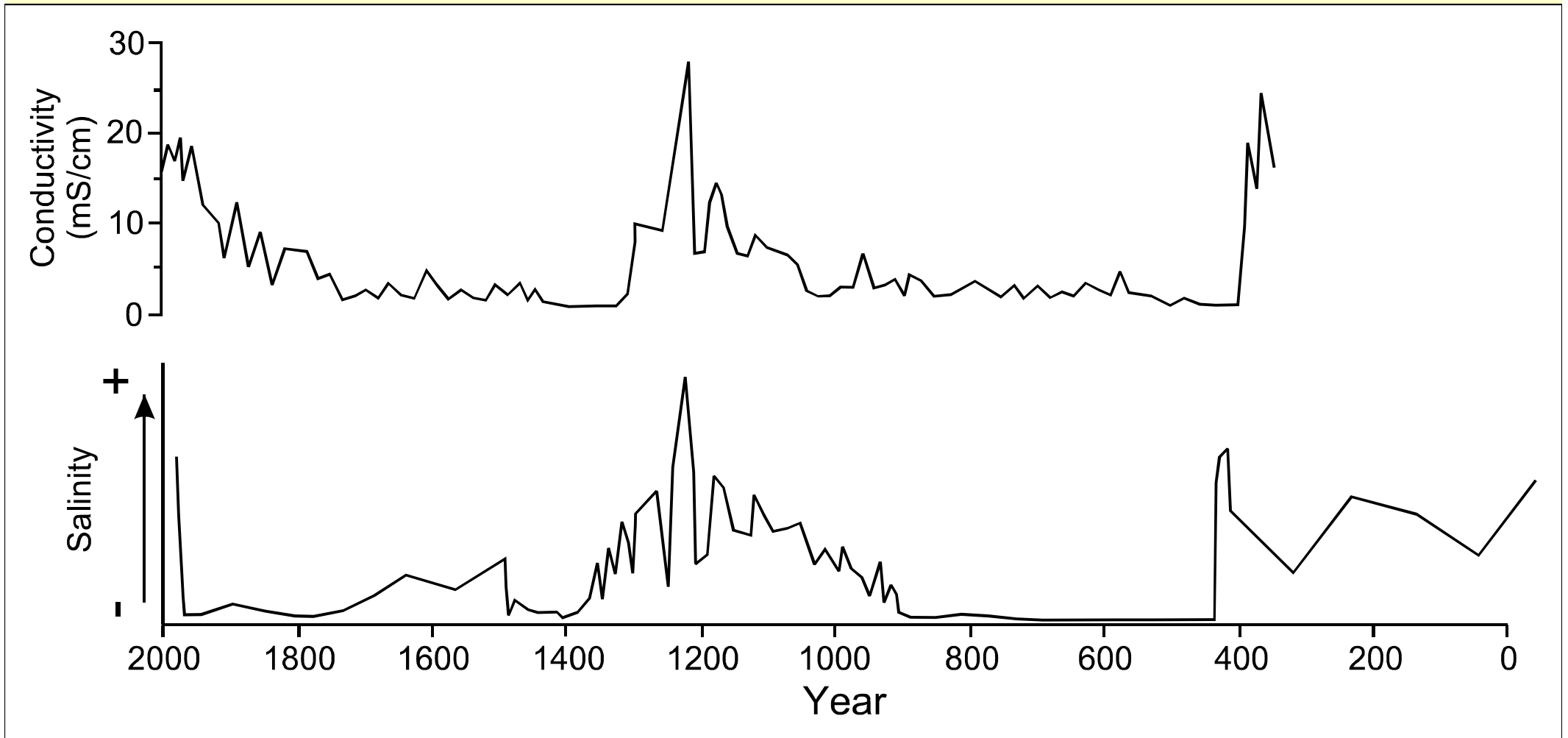
Изменение температуры и количества осадков в регионе Аральского моря за последние 2000 лет



По: I.Boomer et al., 2008

Реконструкция палеосолености Аральского моря за последние 2000 лет

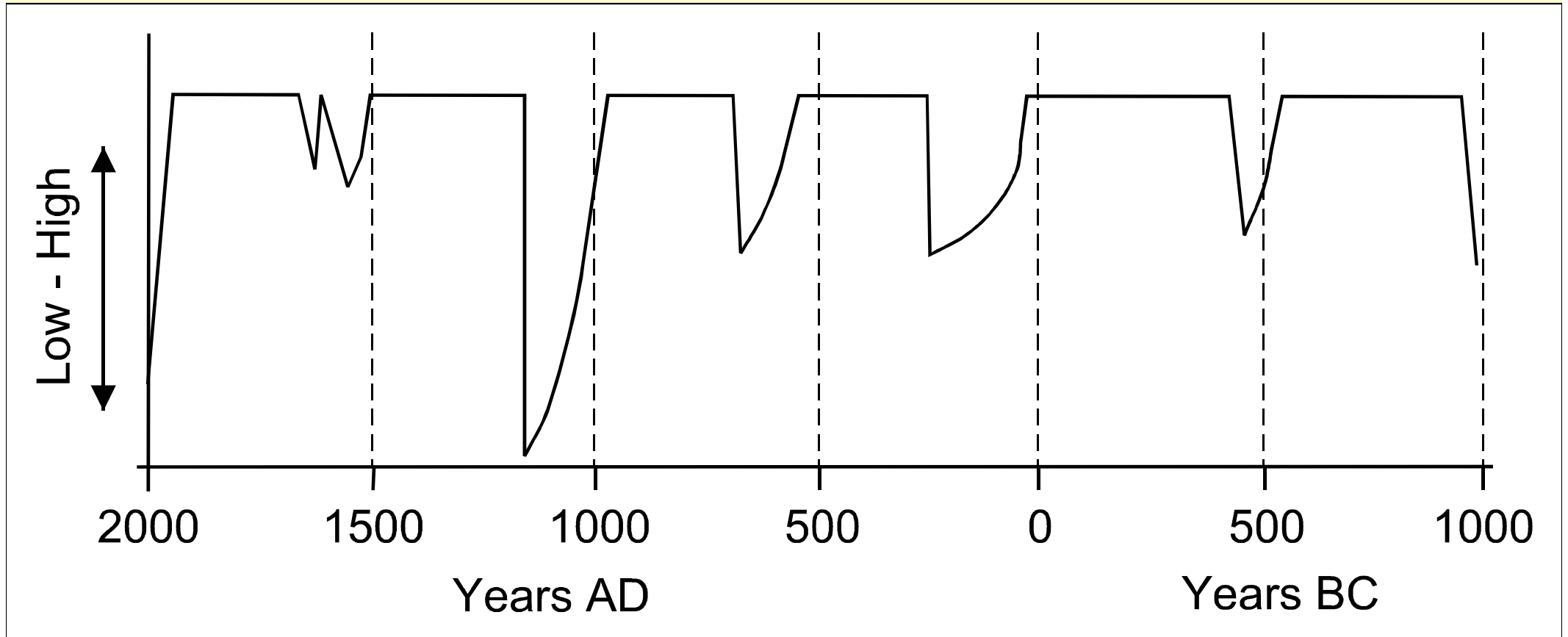
(на основе палеолимнологических данных)



По: I.Boomer et al., 2008

Изменение уровня Аральского моря за последние 3000 лет

(на основе палеолимнологических данных)



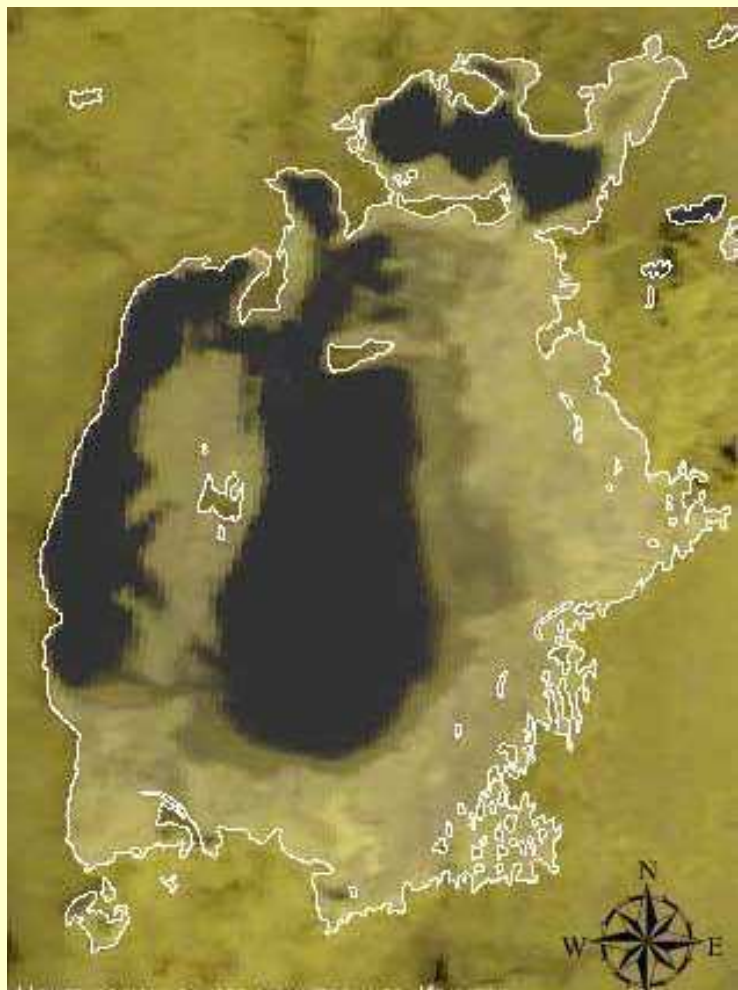
По: N.Boroffka, 2006 (из: I.Boomer et al., 2008)

Изменение очертаний Арала

Средние века

Середина
XIX века

Начало
XXI века



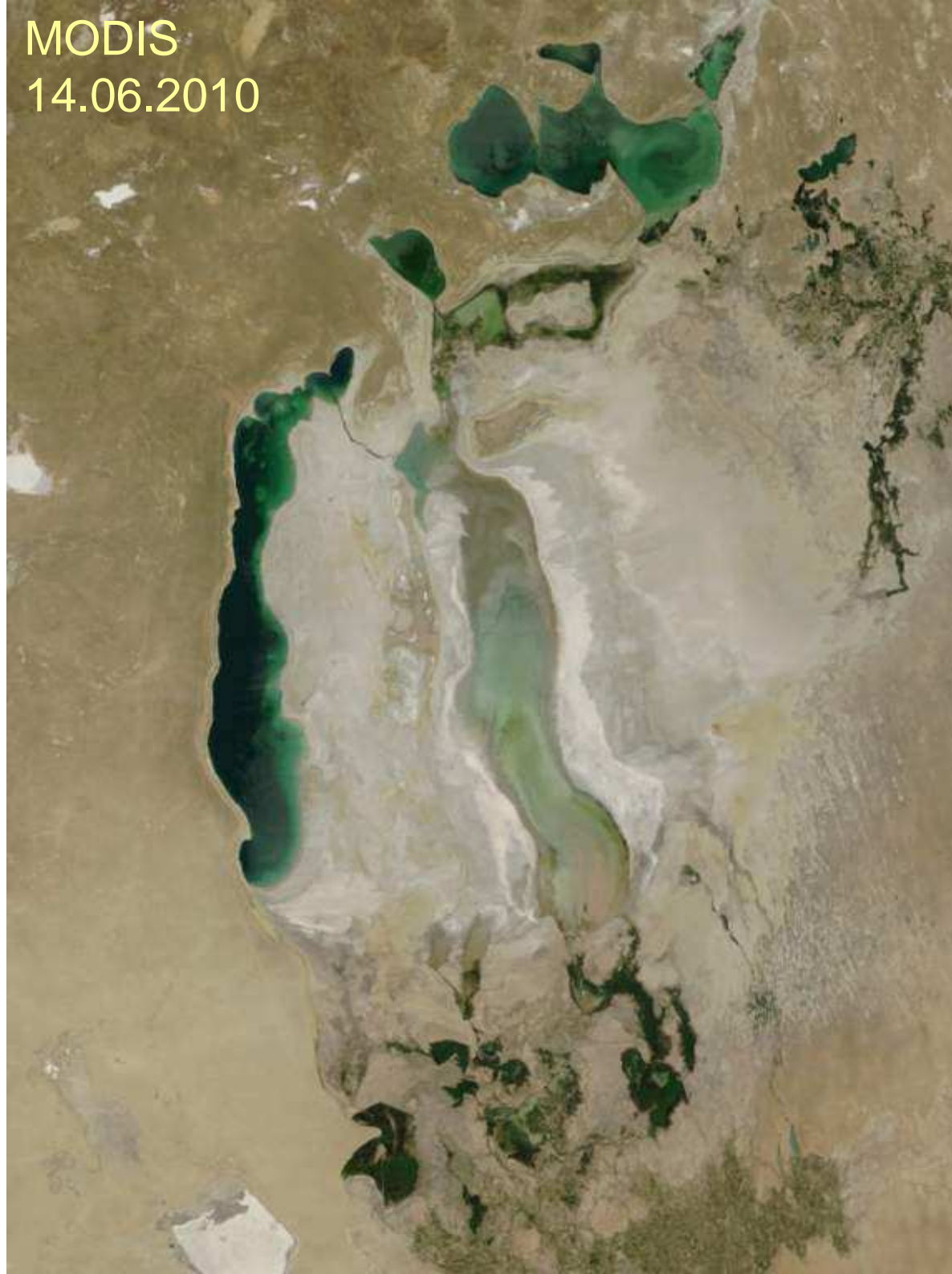
Палеолимнологические данные позволяют нам надеяться, что обсуждавшиеся сегодня пути консервации и реабилитации Арала приблизят его возрождение в XXII веке.



Аральское море, 30.09. 2009

1. Малое (северное) Аральское море – “Казарал”
2. Западное Большое (южное) Аральское море – “Западный Узарал”
3. Восточное Большое (южное) Аральское море – “Восточный Узарал”
4. Бывший залив Тщebas – “Тщebas-Куль”
5. Протока между Восточным и Западным Большим Аралом
6. Остатки пролива между Малым и Большим Аралом

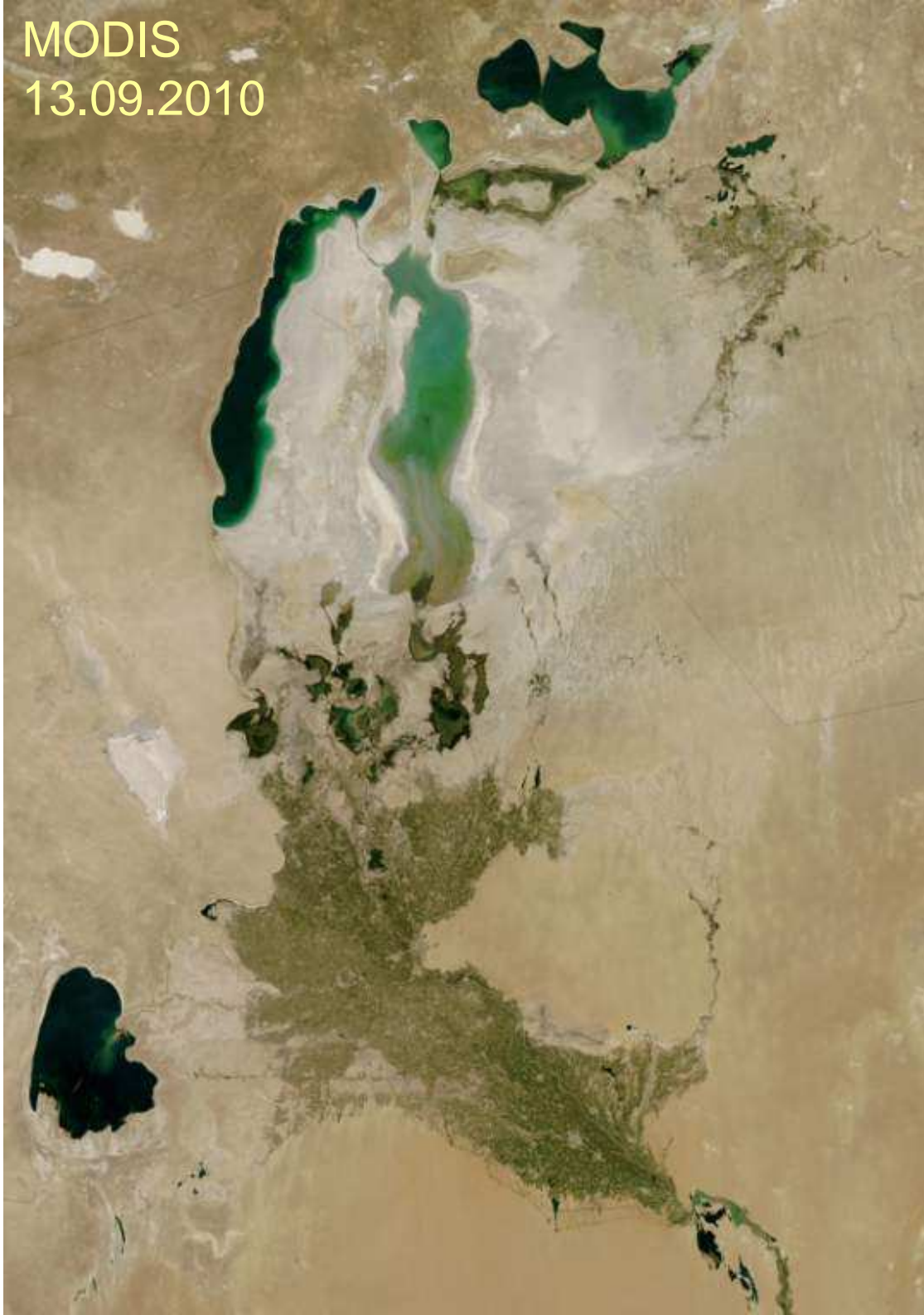
MODIS
14.06.2010



Аральское море 14.06. 2010

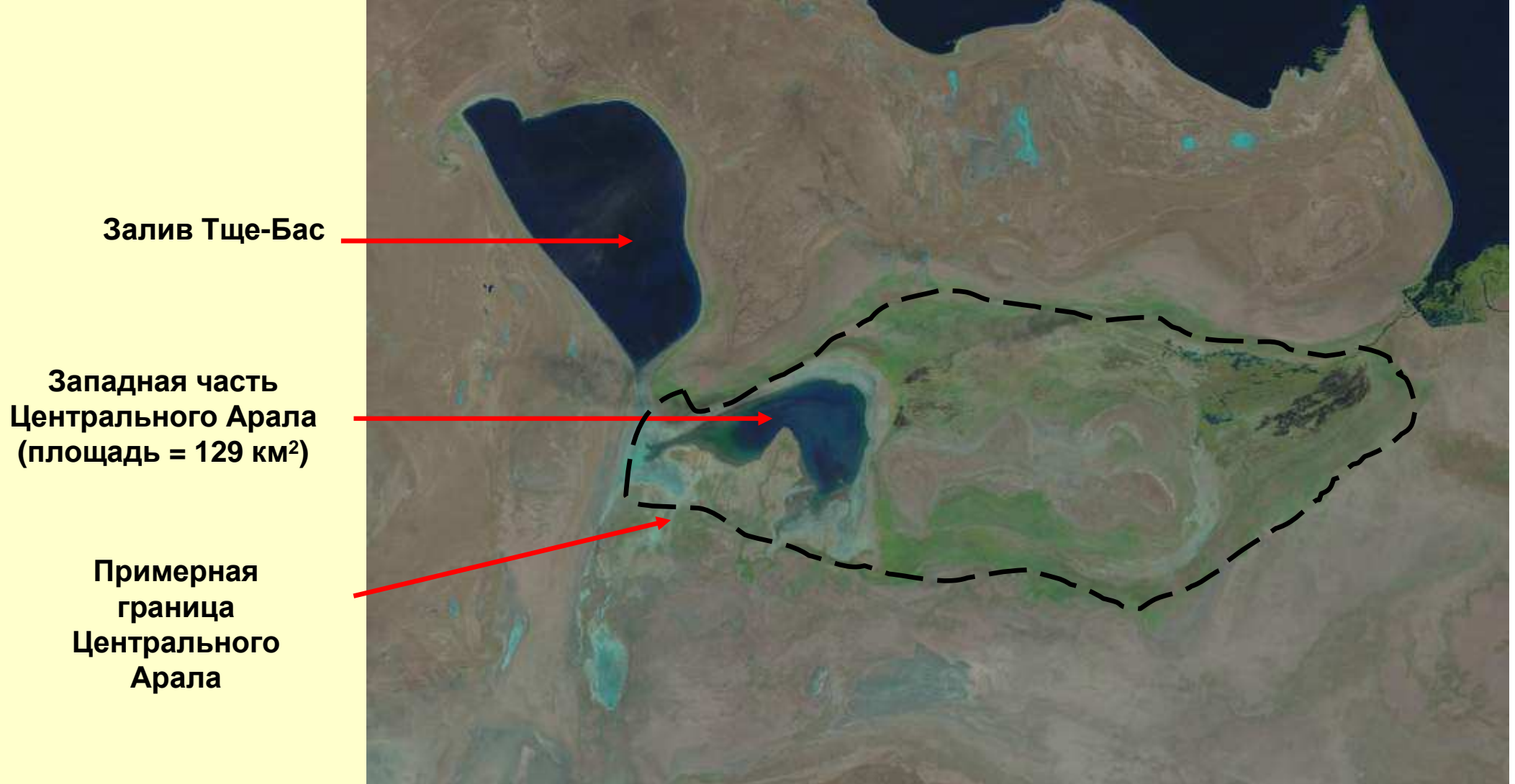
К счастью Восточный Большой Арал может получать некоторое количество воды в случае ее пропуска через дельту Амударьи. Об этом свидетельствует данный снимок со спутника. Однако этот возрожденный Восточный Большой Арал очень мелкий, и вскоре после перекрытия стока воды из Амударьи он высохнет. К сожалению, наблюдаемое явление носит случайный характер и не повторяется ежегодно.

MODIS
13.09.2010



Аральское море 13.09.2010

Как видно на космическом снимке от 13 сентября 2010 г., благоприятная ситуация на Большом Арале сохранилась до осени. Воды хватило не только на орошение, но и для сброса в восточную котловину Большого Арала.

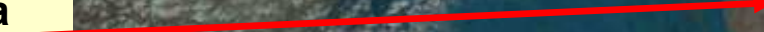


Центральный Арал, 3.10.2015. Светло-зеленый цвет – влажная почва, мелководья и гидрофитная растительность. Это – Центральный Арал в конце сухого периода (июль-ноябрь), когда в него мало сбрасывается воды из Малого Арала. Соленость Западного озера к концу этого периода, вероятно, довольно высокая (возможно, слишком высока для выживания любых рыб).

Залив Тще-Бас



**Остров посреди
Центрального Арала
(площадь = 276 км²)**



Центральный Арал, 23.01.2016. Центральный Арал во время влажного периода (с декабря по июнь), когда значительные объемы воды сбрасываются в него из Малого Арала из-за больших зимних попусков через Токтогульскую плотину на реке Нарын в Кыргызстане для выработки электроэнергии и нормального весеннего паводка. Минерализация озера в этот период низкая (могут выжить рыбы). Озеро покрыто льдом.



Аральское море 19.08.2014 (MODIS)

- 1 – высохший восточный бассейн Большого Арала
- 2 – западный бассейн Большого Арала
- 3 – новый Центральный Арал
- 4 – Малый Арал
- 5 – залив Тще-Бас
- А – Кокаральская плотина (центральная плотина)
- В – предлагаемая северная плотина
- С – предлагаемая южная плотина

Сток сырдарьинской воды в Восточный Большой Арал

05.02.2015



— Предлагаемая южная дамба

Выводы

- Еще до начала антропогенной регрессии и осолонения Арала его экосистема испытала последствия вселения новых видов, начавшегося в конце 1920-х гг.
- Основной и единственной причиной современного высыхания и осолонения Аральского моря является изъятие вод Амударьи и Сырдарьи для орошения.
- Можно выделить 3 основных стадии процесса снижения биоразнообразия Арала вследствие его осолонения:
 - - в 1971-1976 гг., когда соленость превысила 12-14 г/л, исчезли солоноватоводные виды пресноводного происхождения;
 - - в 1986-1989 гг., когда соленость превысила 23-25 г/л, исчезли солоноватоводные виды каспийского происхождения;
 - - в конце 1990-х – начале 2000-х гг. из Большого Арала, когда его соленость превысила 80-100 г/л, исчезают виды морского происхождения.
- В 1989 г. Аральское море в результате высыхания разделилось на 2 части: Малый Арал на севере и Большой Арал на юге. На месте одного водоема образовалось 2 сестринских.
- После деления Аральского моря в 1989 г. Малый Арал имеет положительный водный баланс, его соленость снижается (после постройки новой плотины в проливе Берга его уровень повысился). Стало возможным восстановление его биоразнообразия и возрождение рыболовства.
- Большой Арал, имея отрицательный водный баланс, продолжает высыхать и осолоняться, превратившись к концу 1990-х гг. в гипергалинный водоем. Восстановление его биоразнообразия и рыболовства не представляется реальной возможностью. Единственной возможностью хозяйственной деятельности на Большом Арале является промышленная заготовка цист рачка артемии.
- К настоящему времени Большой Арал разделился на 3 отдельных водоема: Западный и Восточный бассейны, связанные протокой, и озеро Тще-Бас.
- Существенное повышение эффективности орошения земель в бассейне Аральского моря могло бы сберечь значительный объем воды, который смог бы существенно пополнить водный баланс Арала. Однако это требует всеохватывающей и очень дорогостоящей реконструкции оросительных систем, а также существенных перемен в социально-экономической сфере, что пока маловероятно.
- Объем поступления подземных вод в Аральское море существенно больше, чем считалось раньше.
- Планы добычи нефти и газа на высохшем дне Аральского моря могут снизить интерес властей к его спасению.

ЧТО НУЖНО СДЕЛАТЬ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ АРАЛЬСКОГО МОРЯ

1. Как можно скорее поднять на 2-3 м плотину в проливе Берга.
2. В ближайшие годы построить плотину в горле залива Большой Сарычеганак.
3. Построить простейшую плотину к югу от полуострова Куланды.
4. Отказаться от мелководных водохранилищ в дельте Амударьи.
5. Направить остаток стока Амударьи в Западное Большое Аральское море.

*Август 2005 г.
Стыковка над Аралом*





Благодарим за внимание