

ДЕГРАДАЦИЯ АРАЛА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ: ОСОБЫЕ ЯВЛЕНИЯ, НАБЛЮДАЕМЫЕ ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ

В.И.Кравцова

Географический факультет Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, Ленинские горы, Москва ГСП-2 119992, Россия

ВВЕДЕНИЕ

Регулярные космические съемки позволяют следить за изменениями усыхающего Аральского моря, формированием ландшафтов на бывшем дне моря и их влиянием на окружающие территории. В лаборатории аэрокосмических методов Московского государственного университета ведется космический мониторинг Арала и Приаралья. По многовременным космическим снимкам составлены карты отступления береговой линии за весь период деградации моря [2]. Карта, показывающая 14 положений береговой линии в 1957-2003 гг., представлена в докладе Михайлова, Кравцовой, Гурова на этой конференции.

Благодаря регулярным наблюдениям в течение года со спутников Terra и Aqua, по снимкам, полученным в разные сезоны, выявлены сезонные изменения площади моря; сравнение с альтиметрическими измерениями показало их хорошее соответствие. Выявлено, что обводненность северо-восточного залива Большого Арала зависит от режима работы дамбы в бывшем проливе Берга; обнаружены некоторые случаи добегаания вод Амударьи и Сырдарьи в Арал. Кроме того, космические снимки зафиксировали солевые бури и ветровые нагоны. По многовременным снимкам изучена сезонная динамика экосистем бывшего морского дна и прилегающих территорий. Картографирование сезонных изменений ландшафтов показало, что главные факторы режима бывшего дна – динамика увлажнения и засоления.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ МОРЯ КАК ИНДИКАТОР СЕЗОННЫХ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ МОРЯ

Возможность наблюдать изменения Аральского моря в течение года от вскрытия льда до ледостава появилась благодаря регулярному выполнению съемок со спутников Terra и Aqua. Изменения положения береговой линии в течение года закартографированы по разновременным снимкам MODIS/Terra (18 снимков за 2002-2003 гг) и подсчитана площадь моря в разное время года. Результаты этих измерений также приведены в докладе Михайлова, Кравцовой, Гурова. Их сравнение с радиоальтиметрическими данными со спутников TOPEX/Poseidon, Jason показало хорошую корреляцию. Выявлены особенности режима водоема, а именно неравномерное падение уровня моря в течение года (небольшой подъем в весеннее – раннелетнее время и быстрое падение в конце лета – осенью)

Сезонный ритм падения уровня объясняется несколькими причинами. Весной и в первой половине лета (март – середина июля) уровень сохраняется и даже немного повышается благодаря таянию снежного покрова и ледников в горах, что обуславливает пик гидрографов Амударьи и Сырдарьи. В летние месяцы, несмотря на большое испарение, происходит некоторая компенсация потерь воды благодаря ее температурному расширению; это объясняет сохранение уровня. В конце лета и осенью, когда поступление воды заканчивается и вода охлаждается, падение уровня моря максимально. В зимние месяцы, когда испарение с покрытой льдом поверхности минимально, береговая линия существенно не меняется.

ВЕТРОВЫЕ НАГОНЫ И СОЛЕВЫЕ БУРИ

Охарактеризованные карты изменения положения береговой линии в течение года показывают не только неравномерное падение уровня от весны к осени, но и разнонаправленное изменение положения береговой линии в разных частях побережья – ее отступление на одном участке сопровождается наступанием на другом. Наиболее очевидное объяснение такого явления – перемещение водных масс в определенном направлении (в сторону суши либо моря) под действием ветра, то есть ветровые нагоны и сгоны. Ветровые нагоны отмечались на Арале и в прежние годы, но теперь, на очень отмелых участках бывшего дна они стали более сильными, охватывая большие площади. Например, очень сильный нагон зафиксирован на снимке MODIS/Terra 16 апреля 2003 г. (рис.1), когда полоса шириной до 30 км и площадью 1800 км² была затоплена на юго-западном побережье Большого Арала. В то же самое время на восточном берегу Большого Арала полоса шириной 2-3 км и площадью 270 км² освободилась от воды и береговая линия отступила.

Этот снимок указывает также на источник воды для столь обширного затопления юго-западного побережья. В южной части акватории Большого Арала просвечивает дно моря на площади 2300 км². Возможно, водные массы из этой части моря были перемещены ветром в юго-западном направлении и покрыли широкую полосу суши.

Другая ситуация наблюдалась две недели спустя, 1 мая 2003 г. Она показана на второй карте на рис.1. Нагон закончился, юго-западное побережье, прежде затопленное, почти полностью освободилось от воды и снова стало сушей. Донные отложения в центре южной части Большого Арала не просматриваются, скрыты под водой. Береговая линия на восточном побережье Большого Арала переместилась в сторону суши на 5-12 км. Таким образом наблюдается новый нагон в противоположном северо-восточном направлении и зона затопления восточного побережья Большого Арала занимает полосу до 12 км шириной, протягивающуюся на 160 км, покрывая площадь 1100 км².

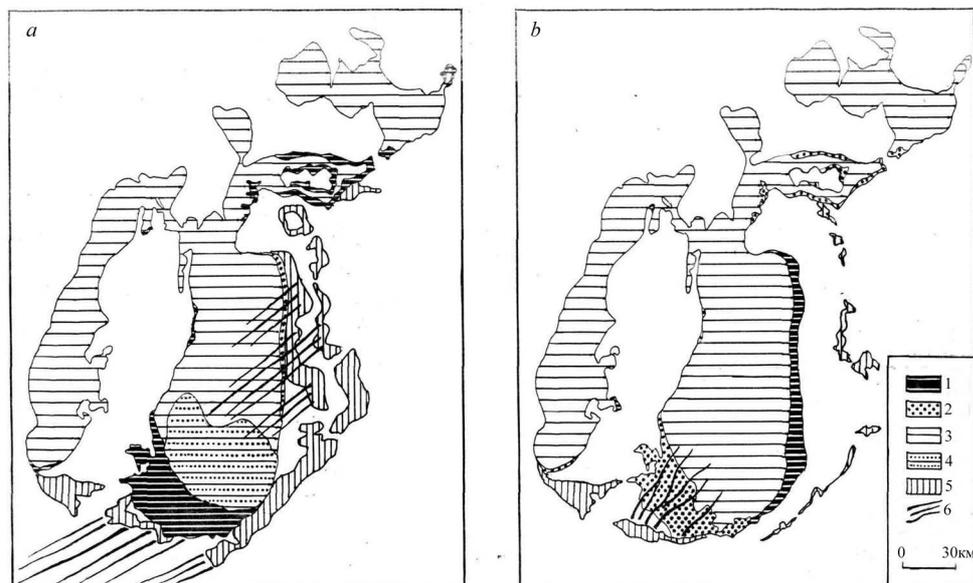


Рис.1. Ветровые нагоны и солевая буря в районе Арала, выявляемые при сравнении снимков MODIS/Terra 21.10.2002 и 16.04.2003 (a) , 16.04.2003 и 01.05.2003 (b).

1 – Береговая зона, свободная от воды на первую дату и затопленная на вторую (ветровой нагон).
 2 – Береговая зона, затопленная на первую дату и свободная от воды на вторую. 3 – Вода на обе даты. 4 – Просматриваемое морское дно. 5 – Солевые корки. 6 – Пыле-солевые шлейфы

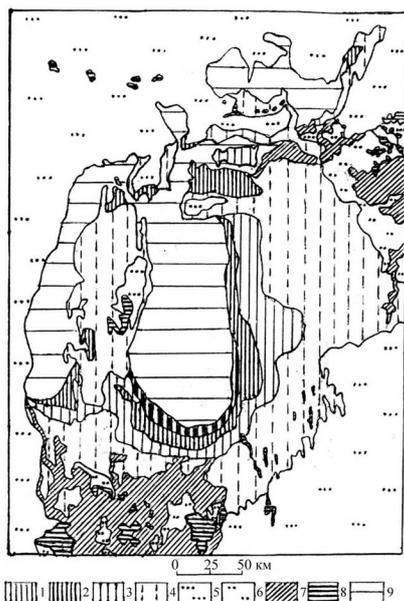
Сильный ветер – причина нагона 16 апреля 2003 г. – оказался также зафиксированным на космическом снимке. Светлые полосы, протягивающиеся от солевых корок через море в юго-западном направлении, индицируют пыле-солевую бурю. Первое пыле-солевое облако несет поток соли и пыли от солевых корок, образовавшихся на восточном побережье Большого Арала, а второе – от ярких белых солевых корок на южном побережье. Оно движется в юго-западном направлении к Сарыкамышской котловине.

НЕКОТОРЫЕ ВИДЫ СТОКА РЕЧНЫХ ВОД В АРАЛЬСКОЕ МОРЕ

Временный сток (поверхностный или подземный) приводит к появлению тростниковой растительности на обсохшем дне - полосы тростника как бы продолжают речные русла; наблюдается также увлажнение грунта и размывание солевых корок. Нетипичное присутствие воды в южном рукаве Сырдарьи отмечено на снимке 21 июня 2002 г. благодаря увлажнению грунта в продолжении рукава на террасах бывшего морского дна. На снимке 10 июля 2002 г. зафиксирован сброс вод из водохранилища в дельте Амударьи с образованием аллювиального конуса, который затем был быстро разрушен вдольбереговыми процессами. Поступление воды в Арал из этого водохранилища отмечалось также снимками 29 мая и 8 июля 2003 г. На снимке 22 сентября 2004 г. влажные поперечные полосы на месте упомянутого конуса указывают на выклинивание грунтовых вод и наличие подземного стока вод Амударьи в Арал. Снимки отражают также хозяйственную деятельность в дельте Амударьи, направленную на сохранение здесь обширных искусственных водоемов, заполняемых к концу лета сбросными пост-ирригационными водами. Таким образом они являются объективными свидетелями также и причин усыхания Арала.

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛАНДШАФТОВ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ

Для исследования сезонных изменений ландшафтов бывшего морского дна составлена карта природно-территориальных комплексов Приаралья, на которой охарактеризованы террасы трех уровней, сформировавшиеся 1-2 года назад, 5-6 лет и 30-40 лет назад (рис.2).



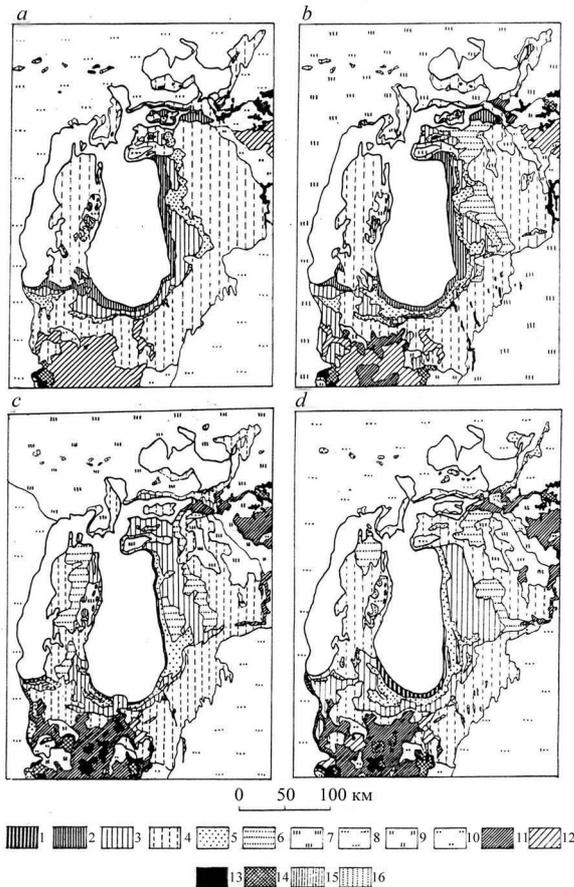
1 – Марши (чередование участков воды и сухого дна). Бывшее морское дно, освободившееся от воды в разное время: 2 – 1-2 года назад – террасы 1-ого уровня (иловые пустоши без растительного покрова, при обсыхании покрывающиеся солевой коркой); 3 – до 5-6 лет назад – террасы 2-ого уровня (суглинисто-иловые пустоши с солончаковой

полукустарниковой растительностью, с солевыми корками по краям полос увлажнения, подверженные процессам дефляции и формирования эолового рельефа

в начальной стадии); 4 – до 30-40 лет назад – террасы 3-его уровня (песчано-солончаковые пустыни с участками псаммофитно-кустарниковой растительности, чередующимися с солончаками и незакрепленными песками, с развитыми процессами дефляции и формирования эолового рельефа. 5 – Глинистые и песчаные пустыни коренной суши с псаммофитно-кустарниковой и саксауловой растительностью. 6 – Дельтовые равнины с опустыненной травянистой и кустарниковой растительностью. 7 – Тростниковая растительность в дельтах рек и по морским берегам. 8 – Солончаки, озера, временные водоемы. 9 – Морская акватория

Рис.2. Карта природно-территориальных комплексов Приаралья

По снимкам, сделанным в апреле, мае, июле и сентябре 2002 г., впервые составлена серия карт сезонных изменений состояния природно-территориальных комплексов (рис.3). Освоение бывшего морского дна растительностью (однолетние галофиты, затем полукустарнички) из-за разреженности покрова на снимках не заметно, но хорошо отображаются сезонные изменения влажности и солености бывшего морского дна, наряду с фенологическими изменениями растительности окружающих пустынь и тростниковых зарослей в дельтах рек.



1 – Марши (чередование участков воды и сухого дна). Суглинисто-иловые пустоши и песчано-солончаковые пустыни на бывшем морском дне: 2 – сильно увлажненные; 3 – увлажненные; 4 – обсохшие. 5 – Солевые корки по краям увлажненных участков бывшего морского дна. 6 – Осаждения дефлированных солей и солевые выцветы на обсохших участках бывшего дна. Пустынная растительность на участках коренной суши: 7 – вегетирующая (эфемерная); 8 – усохшая. Опустыненная растительность дельтовых равнин: 9 – вегетирующая; 10 – усохшая. Тростниковая растительность в дельтах рек и по морским берегам: 11 – вегетирующая; 12 – усохшая. Водоемы: 13 – с открытой водной поверхностью; 14 – заросшие тростником. Солончаки: 15 – влажные; 16 – сухие, с солевой коркой.

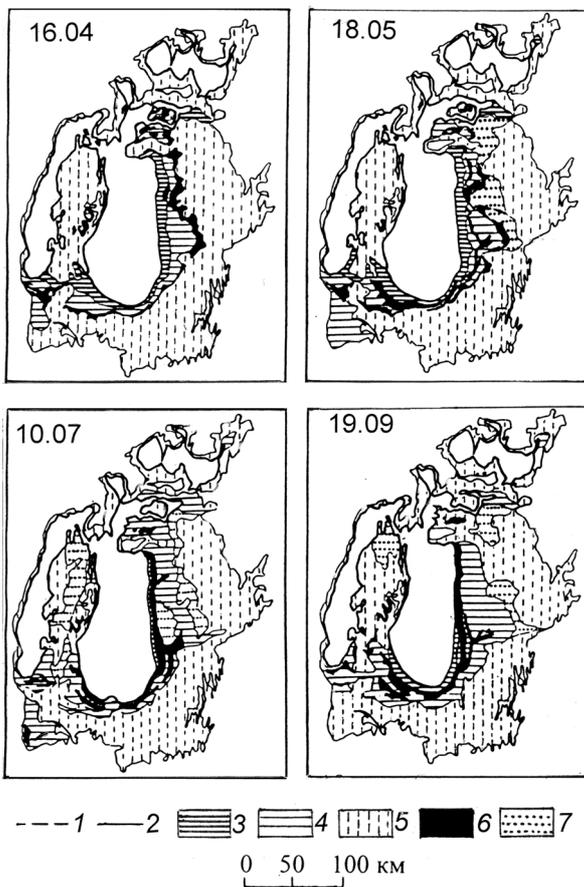
Рис.3. Серия карт сезонных изменений состояния природно-территориальных комплексов в 2002 г.: а – 16 апреля; б – 18 мая; в – 10 июля; д – 19 сентября

СЕЗОННЫЙ РИТМ ВЛАЖНОСТИ И СОЛЕНОСТИ БЫВШЕГО МОРСКОГО ДНА

Состояние природно-территориальных комплексов меняется с просыханием грунта после зимне-весеннего увлажнения. Режим засоления территории тесно связан с изменением увлажнения. Весной увлажнена широкая полоса террас 1 и 2-ого уровня.

По их краю, благодаря испарению образуется солевая корка, окаймляющая увлажненную поверхность террас сплошной полосой шириной 2-10 км.

По мере просыхания территории корка высыхает, эродируется ветром, являясь источником солевых бурь, и постепенно разрушается. Через 2-3 месяца она распадается на отдельные фрагменты и находящиеся за ней террасы 3-его уровня покрываются налетом солей. К концу лета ее остатки полностью исчезают. Параллельно с разрушением первой полосы солевой корки (весенней, наиболее мощной), по мере просыхания низких террас, по краю сужающейся увлажненной полосы образуются новые солевые корки, вначале влажные, а потом высыхающие и испытывающие разрушение дефляционными процессами. Некоторое время существуют одновременно две или даже три полосы солевых корок, каждая из которых находится на разной стадии в цикле формирования по краю увлажненной террасы, высыхания и затем дефляционного разрушения (рис.4).



Береговая линия: 1 – в 1961 г. 2 – в 2002 г. Участки бывшего морского дна: 3 – сильно увлажненные; 4 – увлажненные; 5 – сухие. 6 – Солевые корки. 7 – Участки выпадения солей в результате разветвления солевых корок

Рис.4. Сезонные изменения увлажнения и засоления бывшего морского дна в 2002 г.

Таким образом, основные процессы сезонной динамики территории бывшего морского дна связаны с режимом ее увлажнения и засоления,

просыханием грунта и образованием, а затем разрушением солевых корок по краю сужающейся увлажненной полосы.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено по проекту НШ-8306.2006.5. Автор выражает благодарность .Ж.-Ф. Крето (CNES, Франция) за предоставление данных TOPEX/Poseidon, И.К.Лурье, Д.Маркову и Т.Мудря за помощь в обработке снимков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравцова В.И. Анализ изменений береговой зоны Аральского моря в 1975-1999 гг. // Водные ресурсы, 2001, т.28, №6, с.655-662

2. Кравцова В.И., Лурье И.К., Мудря Т.М. Космический мониторинг усыхания Арала // Геодезия и картография, 2002, №10, с.46-53
3. Кравцова В.И., Мудря Т.М. Сезонные изменения береговой зоны Аральского моря по материалам космической съемки // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2004. №5. с.46-53
4. Михайлов В.Н., Кравцова В.И., Гуров Ф.Н., Марков Д.В., Грегуар М. Оценка современного состояния Аральского моря // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2001. №6. с.14-21