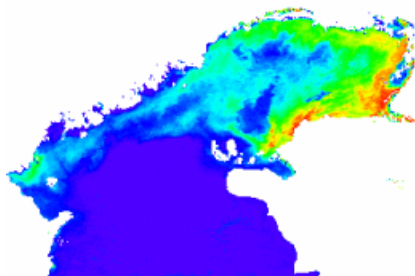


Влияние пиковых попусков с Волгоградской ГЭС на экологию Северо-Западного Каспия

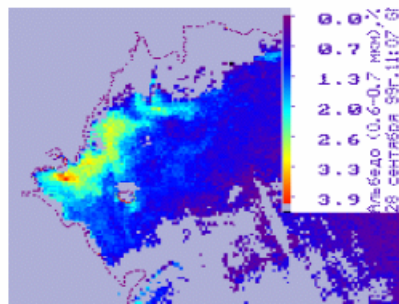
Люшвин П.В. НИЦ ОМЗ, Москва,

Зырянов В.Н. ИВП РАН, Москва, Егоров С.Н. КАСПНИРХ, Астрахань, Кухарский А.В. НИЦ ПЛАНЕТА, Москва, Полонский В.Ф., Коршенко А.Н. ГОИН, Лобов А.Л. Гидрометцентр РФ, Москва.

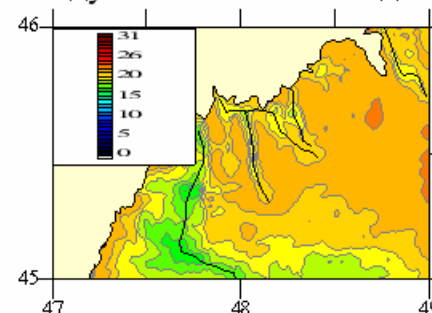
Развитие настоящая работа получила в рамках тем выполняемых по дешифрированию сбросов загрязняющих веществ в моря России и дешифрированию паводковых затоплений нижней Волги. Из общего объема загрязняющих веществ, включая нефтяные углеводороды, поступающих в моря, свыше 80% приходит со стоковыми и сточными водами, свыше 90% из них с речным стоком [1]. По спутниковой информации удается оценить ареал распространения этих вод. Осуществляется это при анализе спутниковых карт температуры поверхности воды (ТПВ), хлорофилла и гидрозольа в поверхностных водах, а также по радиолокационным (рл.) снимкам. На льду отмечаются следы загрязнений.



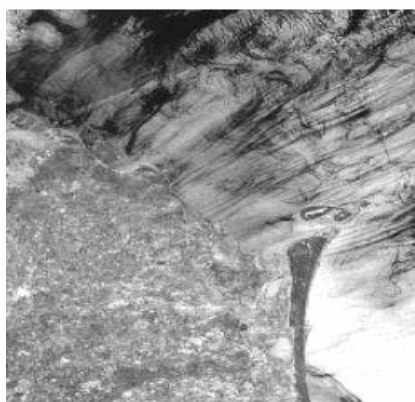
Альbedo гидрозольа 19.09.2004



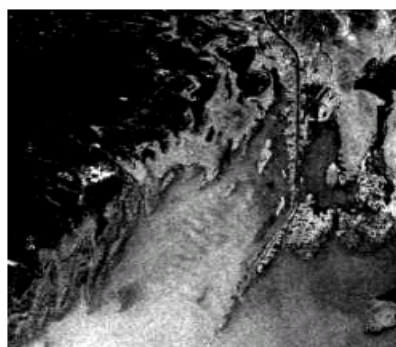
Альbedo гидрозольа 28.09.1999



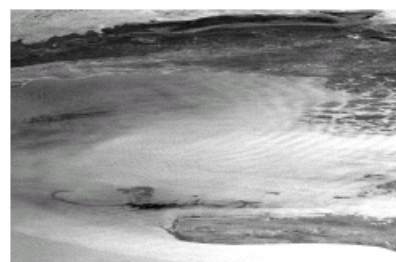
ТПВ у дельты Волги 27.05.2002



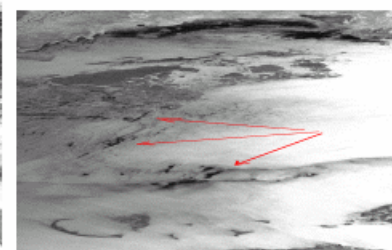
Рл. снимок 29.09.1999 [17]



Рл. снимок 14.07.2003 [17] рукава Бахтемир с цугом волн от него



Рл снимки [17]. Слева 30.12.2004 (цуги круговых волн), сним над Уральской Бороздиной – разлив нефти или штиль?, за о-вами Кулалы - ветровая тень). Справа - 09.03.04 г. (стрелками показаны слики у тающего льда, возможно, это нефтепродукты с Казахских нефтепромыслов).



С вводом в действие гидроэлектростанции на нижней Волге резко изменились гидроэкологические условия на нижней Волге и в Северном Каспии. Зимний сток увеличился втрое, на соответствующую величину стока уменьшилось весенне-летнее половодье и вдвое сократилась его продолжительность (рис. 1.б.) [2].

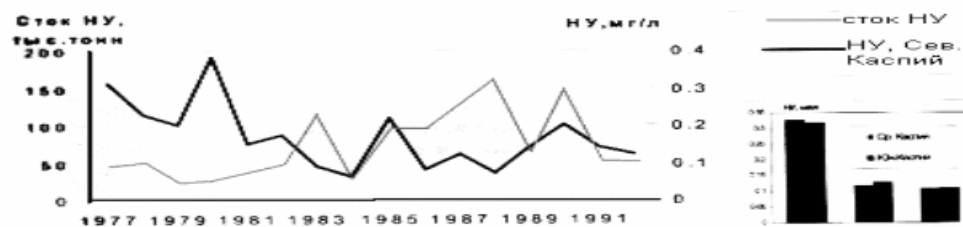


Рис.1.а. Сток нефтяных углеводородов (тыс.тонн) в Северный Каспий (р.Волга, в/п Верхнее Лебяжье) и концентрации нефтяных углеводородов (мг/л) в Северном Каспии и глубоководной части моря в 1977-1992 гг. [1].

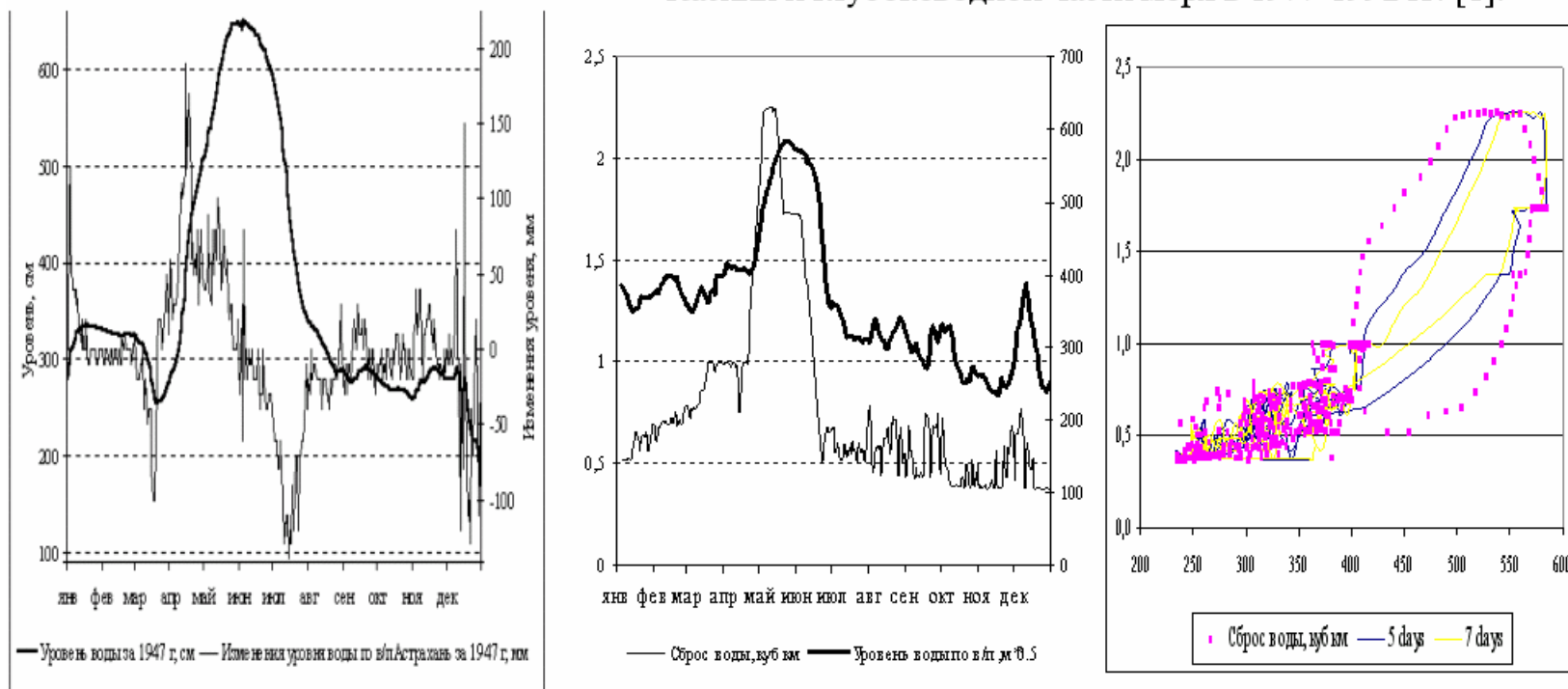


Рис.1.б Слева уровень воды на в/п Астрахань в 1947 г., (шкала слева в см) и суточные изменения уровня воды (шкала справа в мм). В центре сброс воды с Волгоградской ГЭС (шкала слева), и уровень воды на в/п Астрахань. Справа сброс воды с ГЭС и ход уровня на в/п Астрахань в 1999 г. без временного сдвига и со сдвигом на 4 и 7 суток.

Сток волжской воды подвержен значительным межгодовым изменениям (рис.3). Согласно нормативным документам попуск воды для имитации весеннего половодья и обеспечения воспроизводства рыб осуществляется путем сброса $\approx 2.2 \text{ км}^3$ воды в сутки в течение первых нескольких дней, далее, пока хватает воды в водохранилищах, следует переход уровня сброса на «полку» $\approx 1.7 \text{ км}^3$ в сутки. В не засушливые годы таким режимом сброса достигается длительность половодья 40-60 дней, что считается экологически допустимым. Однако время стояния воды на отметках ниже максимальной за половодье на 20 и даже на 50 см оказывается менее 3-4 недель, что уже критично для времени необходимого для достижения мальками рыб жизнестойкого состояния. При дефиците воды пойма частично оказывается под водой менее 2-3 недель, в результате часть личинок и мальков либо скатываются с водой не достигнув жизнестойкого уровня развития, либо обсыхает вместе с икрой. Как, например, в маловодном 1975 г. зафиксировано массовое обсыхание икры и личинок, и как, следствие, минимальное число молоди рыб. После зарегулирования реки у Волгограда нормальные условия для воспроизводства полупроходных и речных рыб в дельте Волги обеспечивались с 1967 по 1980 год всего 4 года [4-6].

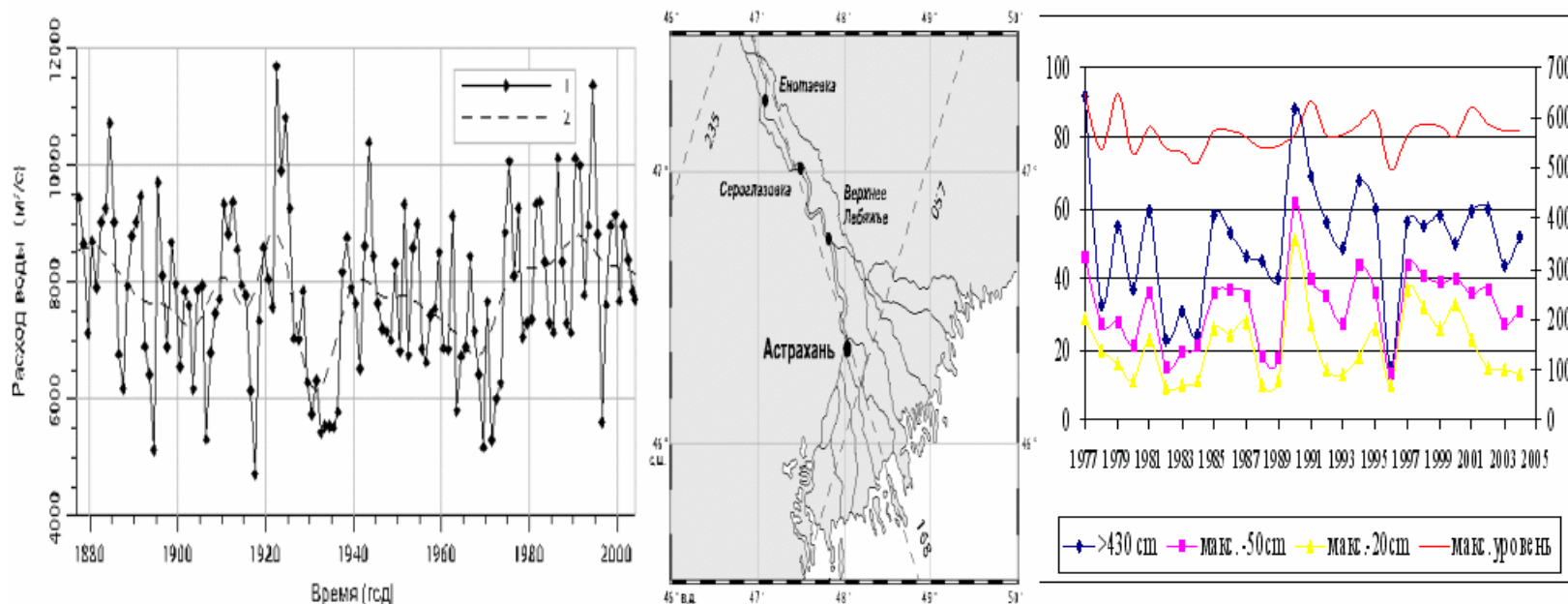
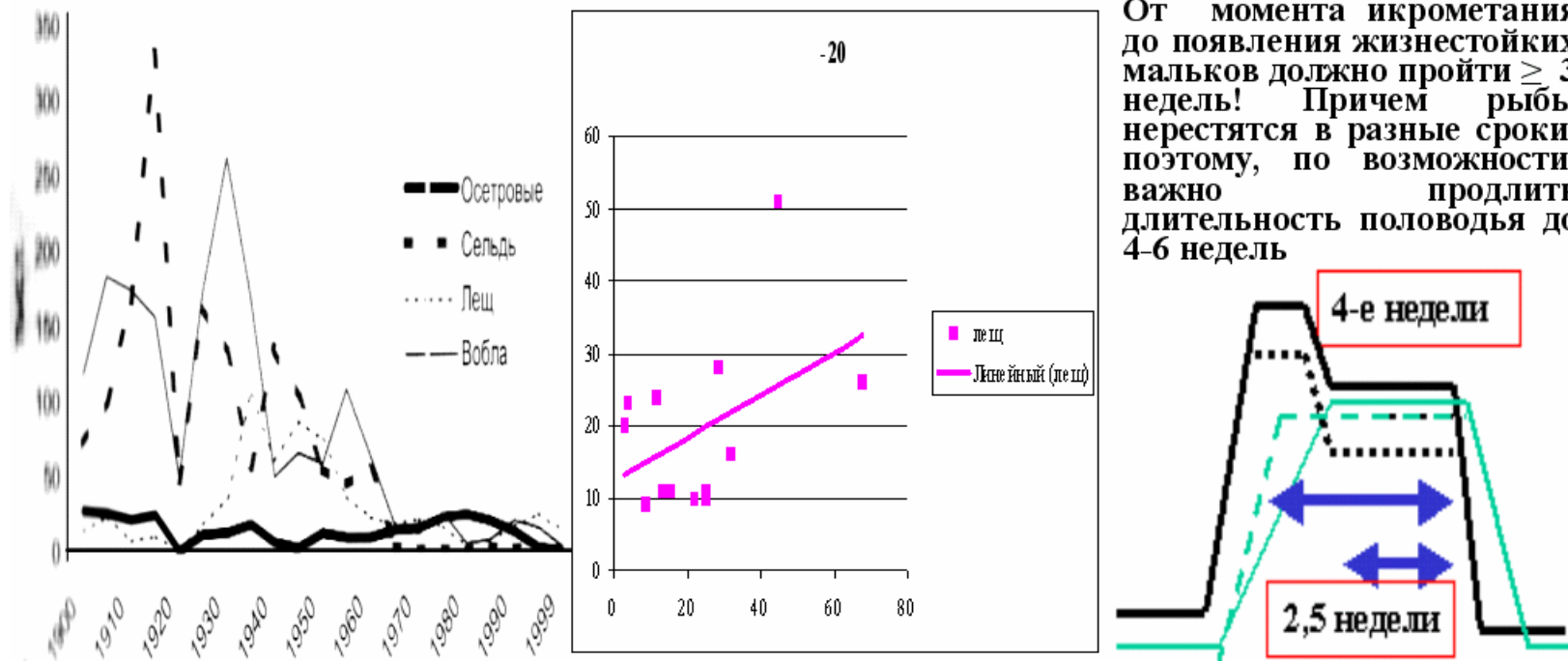


Рис.2. Слева многолетние изменения среднегодового расхода воды Волги в вершине дельты у поста Верхнее Лебяжье (1) и расходов воды Волги при скользящем 6-летнем осреднении (2) за период с 1890 г. по 2003 г. [3]. В центре - схема размещения в/п на Нижней Волге [4]. Справа длительность половодья (уровень выше 420 см, синий цвет), длительность стояния уровня ниже макс. в половодье на 20 и 50 см (оранжевый и желтый цвета соответственно, красный – макс. уровень).

Во многом в результате неудачной антропогенной имитации половодья со времени постройки Волжского каскада водохранилищ во много раз снизилась численность рыб в Каспийском бассейне (рис.3). В частности из рассмотрения рис.3 (в центре) следует, что имеется тенденция к увеличению молоди леща при удлинении сроков половодья. Исходя из этого следует, что необходимо вносить коррективы в нормативные документы по имитации весеннего половодья с ГЭС, для увеличения сроков половодья с 2-3 до 4-6 недель в ущерб площади нерестилищ, иначе рыба икра и личинки обсохнут [4]. Вариант такой коррекции сброса и отклика на него уровня воды в дельте приведен пунктиром на рис.3 справа.



От момента икрометания до появления жизнестойких мальков должно пройти ≥ 3 недель! Причем рыбы нерестятся в разные сроки, поэтому, по возможности, важно продлить длительность половодья до 4-6 недель

Рис.3. Слева добыча рыбы в Каспийском бассейне (без учета Ирана), тыс.т.[5]. В центре соотношение числа дней в половодье, когда уровень воды не опускается ниже максимального более чем на 20 см и количества молоди (млрд. экз.) в дельте Волги при разном объеме стока (апрель-июнь) 1978-1990 гг. (данные по молоди из [5], прямая линия – линейный тренд). Справа схема нормативного вида хода сброса воды с ГЭС в весеннее половодье (черные линии), отклик хода уровня в Астрахани (зеленые линии). Черный пунктир – изменение нормативного хода сброса ГЭС для достижения оптимально возможного хода уровня воды в дельте Волги в маловодные годы для воспроизводства (нереста) рыб.

Неравномерность стока Волги в межень обуславливалась в основном суточным и недельным регулированием стока – загрузка энергосетей и соответственно пик попусков осуществляется утром и в начале рабочей недели, спад вечером и в конце недели (рис.4) [3,7-9]. Суточный расход воды в Волге в межень ≈ 0.5 куб.км, суточное изменение его более чем на 10% приводящее к повышению уровня воды на в/п Астрахань более чем на 10 см – пиковый попуск. Пиковые «сбросы, особенно значительные в вечернее время, когда возрастает энергопотребление в энергетическом кольце, вследствие этого уровень Волги поднимается обычно на 1-2 м, а в один из вечеров в январе 1967 г. наблюдался подъем более чем на 4 м» [10].

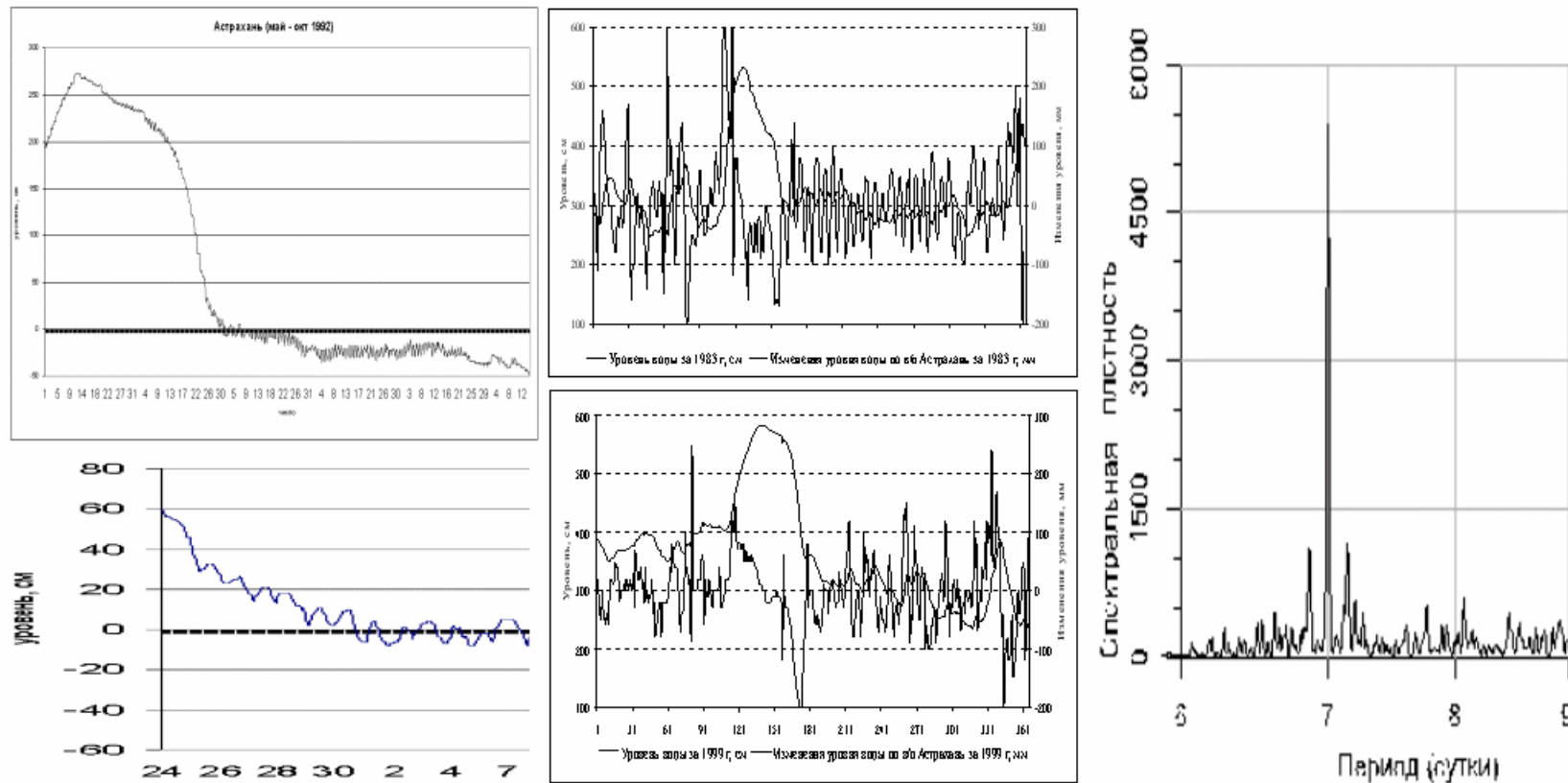


Рис.4. Справа запись уровня на в/п Астрахань. Внизу справа – увеличенный фрагмент с 24.05 по 07.06.1992 г. В центре ход уровня на в/п Астрахань в 1983 (вверху) и 1999 г. (внизу). Справа спектральная плотность колебаний уровня воды за период с января 1992 г. по декабрь 2003 г. по данным измерений на в/п Енотаевка [3].

Интенсификация солевого перемешивания за счет пиковых попусков воды и ее влияния на биопродуктивность моря

Условия добегаания стоковой волны от Астрахани до моря различны в зависимости от уровня воды, интенсивности попуска, зарастания водной растительностью, ветра, стонно-нагонных явлений. По западному рукаву Волги (Бахтемиру) волна добегает до моря за 1.5-3 суток, по восточным рукавам – за 3-5 суток [2,11]. Поэтому при поиске связей солености воды в море с попусками воды оказалось удачным опираться не на жесткие по времени суточные сдвиги добегаания воды от Астрахани до моря, а в пределах ± 1 дня к этим сдвигам, т.е. учитывать особенности распространения стоковых волн. Из сопоставления изменений солености воды в море и высоты стоковых волн (рис.5.) следует, что по морскому краю дельты имеется тенденция к уменьшению солености воды при пиковых попусках с ГЭС. Причем антропогенно обусловленное перемешивание достигает и дна. В восточной части Мангышлакского порога наблюдается иная тенденция – стоковые речные воды поджимают морскую воду к восточному берегу, что приводит к ослаблению перемешивания, росту солености воды.

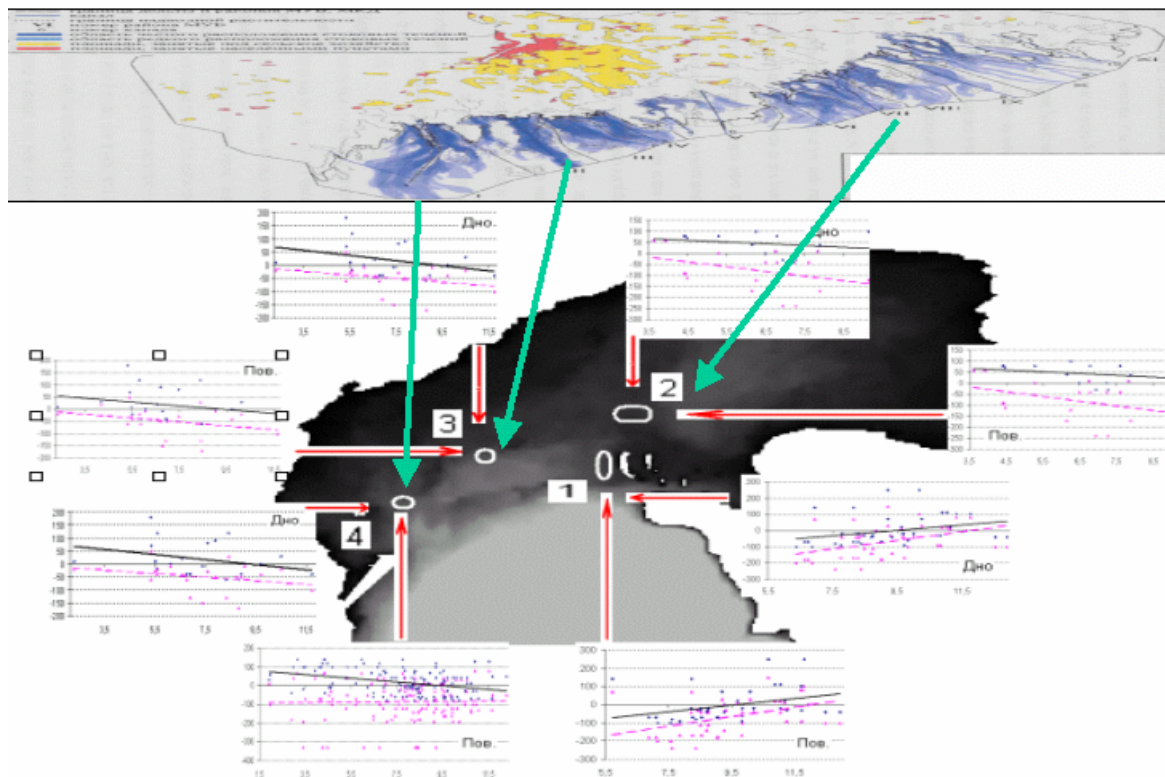


Рис.5. Слева по вертикали – экстремальные суточные изменения уровня воды в Астрахани в мм (для точек 3 и 4 за сутки – четверо до измерения солености в море, для точек 1 и 2 – за 4-7 суток; темным цветом даны точки соответствующие макс. суточным приращениям уровня, фиолетовым – максимальным снижениям уровня). По горизонтали – соленость в ‰. Врезка сверху [12].

Интенсификация солевого перемешивания за счет пиковых попусков воды и ее влияние на биопродуктивность моря

Скорость перемешивания речных и морских вод порой такова, что менее чем за полчаса соленость у дна изменяется более чем на 2 ‰ (рис.5). В результате таких антропогенных воздействий на морскую биоту обрушивается распресненная вода с речной биотой, а через несколько часов-дней возвращается солоноватая вода с морской биотой. Причем каждая из биот не может «переждать» возврата своей воды, так как переход солености воды через 5-8‰ приводит к изменению осмотического давления, несовместимого с жизнедеятельностью многих видов биоты, включая мальки рыб и бентос [1,5,13,14]. Так, например, граница массового распространения молоди воблы ограничена изогалиной 10‰, леща и судака - 7-8‰ [5].

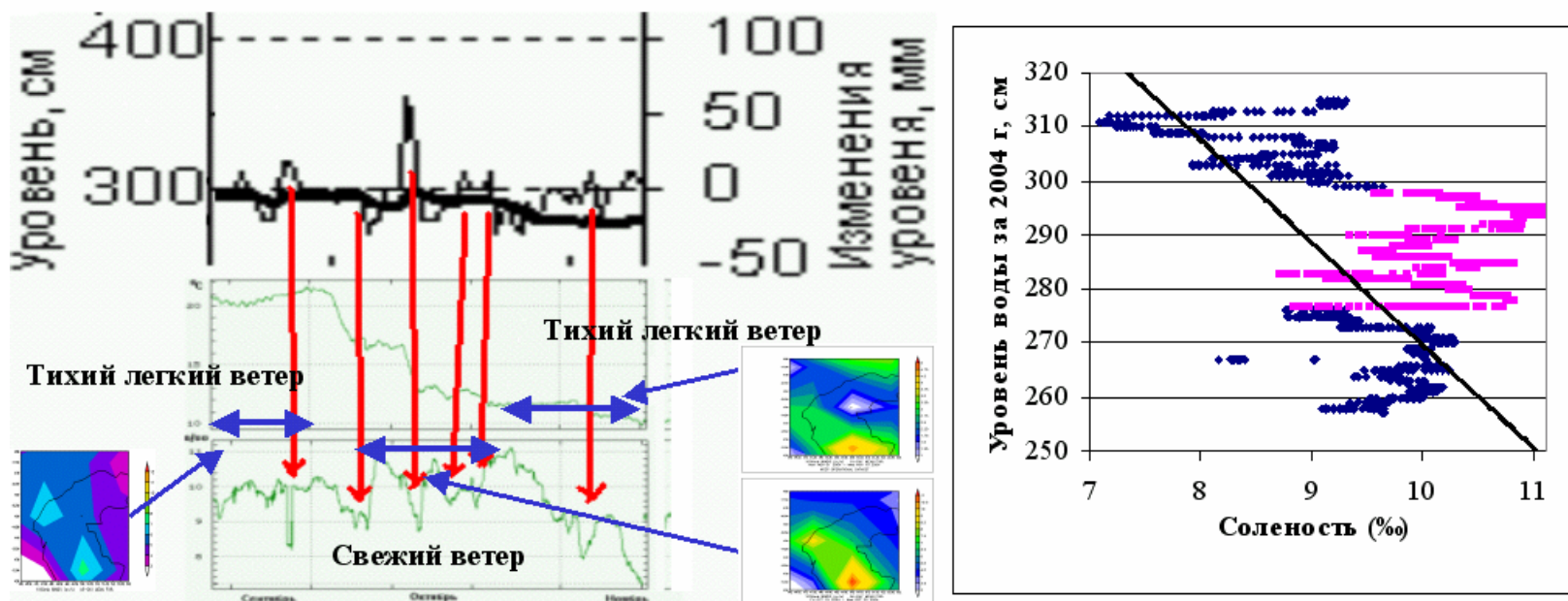


Рис.6. Ход уровня воды на в/п Астрахань и его изменений за сутки (вверху), температуры воды (в центре) и солености воды у дна (внизу) с 18.09 по 10.11 в точке №2. Красными стрелками показано временное соответствие прохождения стоковых волн через в/п Астрахань и изменения придонной солености в море (график уровней воды сдвинут относительно нижних графиков на 4 суток). На врезках средняя скорость ветра по полю давления, в сентябре и ноябре тихая погода, в октябре – перестройка барического поля, ветер, волнение [15]. Справа синим цветом окрашены данные при тихом ветре, оранжевым – при свежем ветре (линия тенденции проведена для условий тихого ветра).

Влияние зимних попусков на ледовый покров

Зимние пиковые попуски воды приводят к тому, что волжская вода выплескивается в море из под припая и сплоченного льда на десятки километров мористее, чем летом [2]. Из нее быстрее, чем из солоноватой морской воды образуется лед. При северных ветрах он выносится туда, где его без при данной гидрометеорологической ситуации не должно было быть - за Мангышлакский порог (рис.7), т.е. осуществляется антропогенно обусловленная «транспортировка» льда на юг, улучшающая аэрацию Среднего Каспия за счет интенсификации плотностной конвекции при таянии льда. Возможно, это единственное, экологически не вредное, воздействие пиковых попусков воды на гидрологию моря в период потепления климата в Каспийском регионе [16] (напрашивается аналогия с предложениями по буксировке айсбергов ледоколами от Антарктиды в теплые моря для усиления конвекции и борьбы с Эль-Ниньо. Однако с волжской водой в Средний Каспий поступают и нефтяные углеводороды (см. рис.1.а) [1]. Для управления процессом аэрации Среднего Каспия, следует планировать попуск воды в момент значительного развития припая за Волго-Каспийским каналом при наличии прогноза об ожидающихся через неделю северных ветрах и морозной погоде. Однако в ближайшие годы в этом регионе появятся нефтегазовые вышки и нефтепроводы «ЛУКОЙЛА», и может получиться «торпедирование» их стамухами и торосами имени РАО ЕС [1,9].

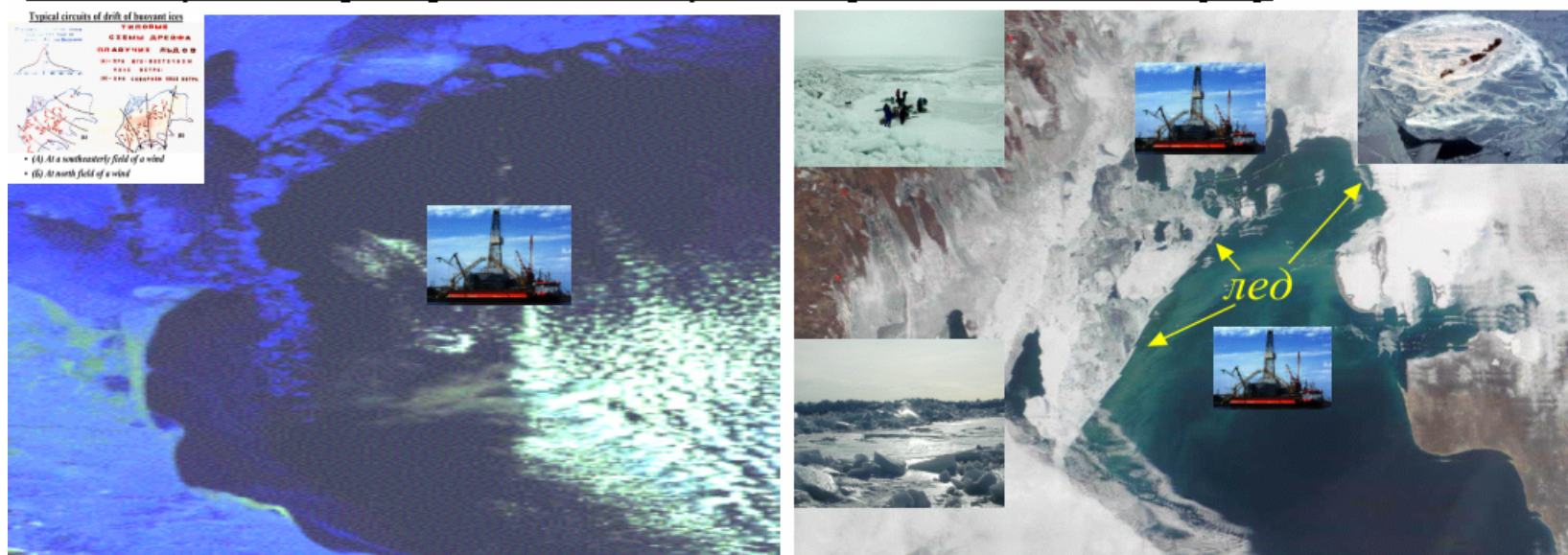


Рис.7. Снимки льда на Каспии, на которых видно как битый лед огибает Аграханский п-ов. Слева композиция из снимков LANDSAT 10.02.2005 [17]; справа снимок 06.03.2003 «TERRA»[18], видимый диапазон (врезки: из [19], левая верхняя на правом снимке - стамуха на Каспии 16.02 2003 [20]).

Спутниковые снимки Северного Каспия Типичная ситуация вне интенсивных антропогенных попусков воды с ГЭС 19.09.2004

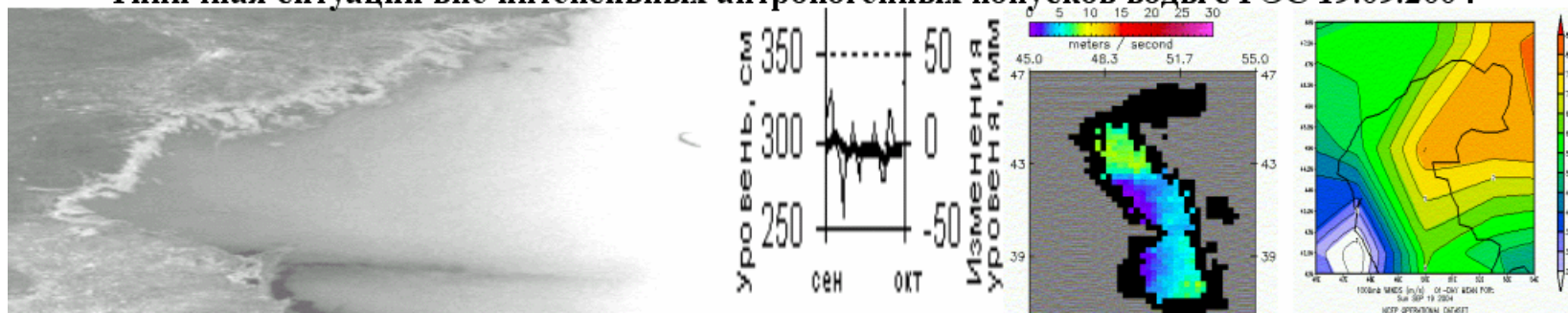


Рис.8.а. На рл. снимке северо-западного Каспия (крайний слева) 19.09.2004 [17] в период отсутствия пиковых попусков воды в условиях слабого и умеренного ветра не наблюдается ярко выраженных волновых структур (на втором рис. слева, жирной линией дан уровень воды, тонкой линией - суточные изменения уровня воды на в/п Астрахань с 01.09 по 01.10.2004, на двух правых рис. - характеристики ветра [15,21]). Темная полоса на радиолокационном снимке, тянущаяся от Аграханского п-ва, - ослабление ветра под полупрозрачным облаком, облако видно на рис.8.б, слева.

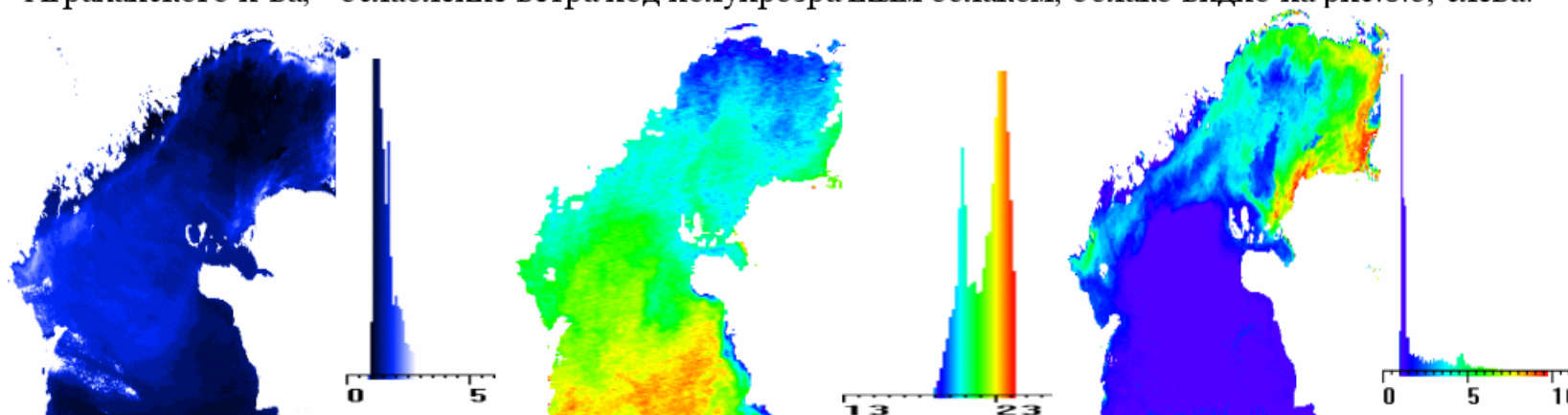


Рис.8.б. Снимки (карты) северной части Каспийского моря по данным AVHRR/NOAA; в центре – карта ТПВ в °С; справа альbedo гидрозоль в %. За Волжскими баранами и банками, на глубинах более 3-5 м, как правило, наблюдаются монотонные изменения в поле ТПВ, на мелководье температура выше или ниже морской в зависимости от сезона года и локальных условий инсоляции. Содержание гидрозоль в толще воды (альbedo водной толщ) максимально в «Казахском кармане», в районе волжских банок и баров, а также в струях речных вод (методика расчетов альbedo гидрозоль и ТПВ изложена в [16.22]).

Спутниковая и сопутствующая информация о Северном Каспии в период выхода в море стоковой волны.

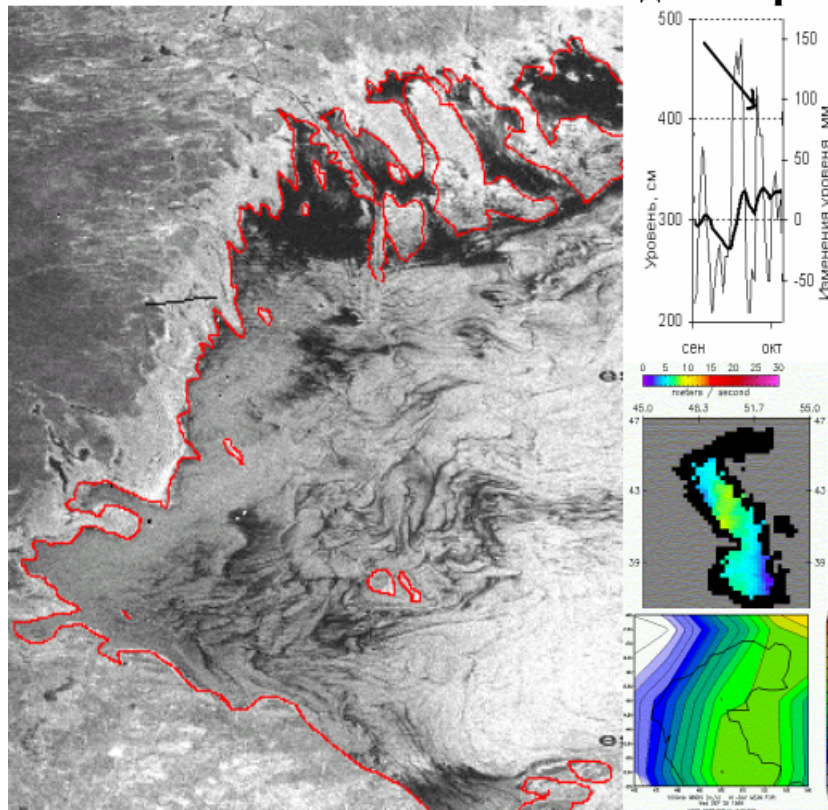


Рис.9.а.. РЛ. снимок с ERS-2 29.09.1999 [17]; на верхней врезке - уровень воды и суточные изменения уровня воды с 01.09 по 01.10, стрелкой показана стоковая волна, которая проходила через Астрахань 25-27.09.1999, через двое-трое суток эта волна дошла до моря и проявилась на радиолокационной информации в виде цуга волн; скорость ветра в море 29.09.1999 не превышала 4-6 м/с (на средней врезке – скорость приводного ветра [21], на нижней – модуль модельно ветра [15]).

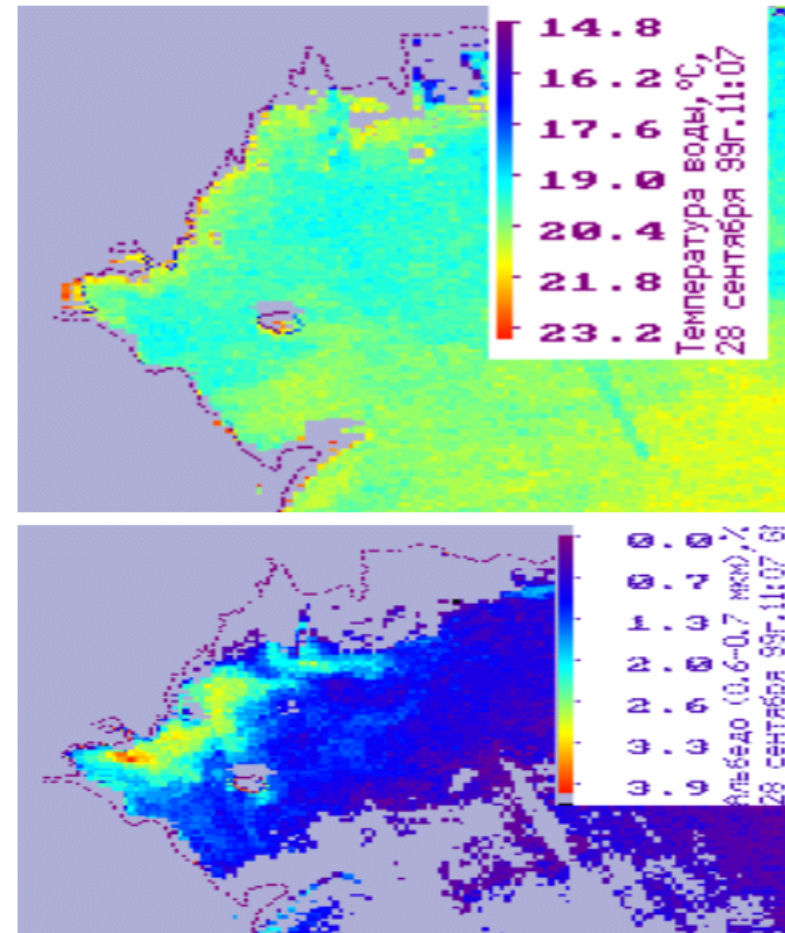


Рис.9.б. Карты ТПВ (вверху) и альбедо гидрозольа (внизу) 28.09.1999 г. по AVHRR/NOAA. Относительно прохладные мутные Волжские воды распространяются от западных рукавов Волги (Бахтемир и Старая Волга) в море до о-ва Тюлений.

Спутниковая и сопутствующая информация о Северном Каспии во время выхода в море стоковой волны 16.03.2005 г.

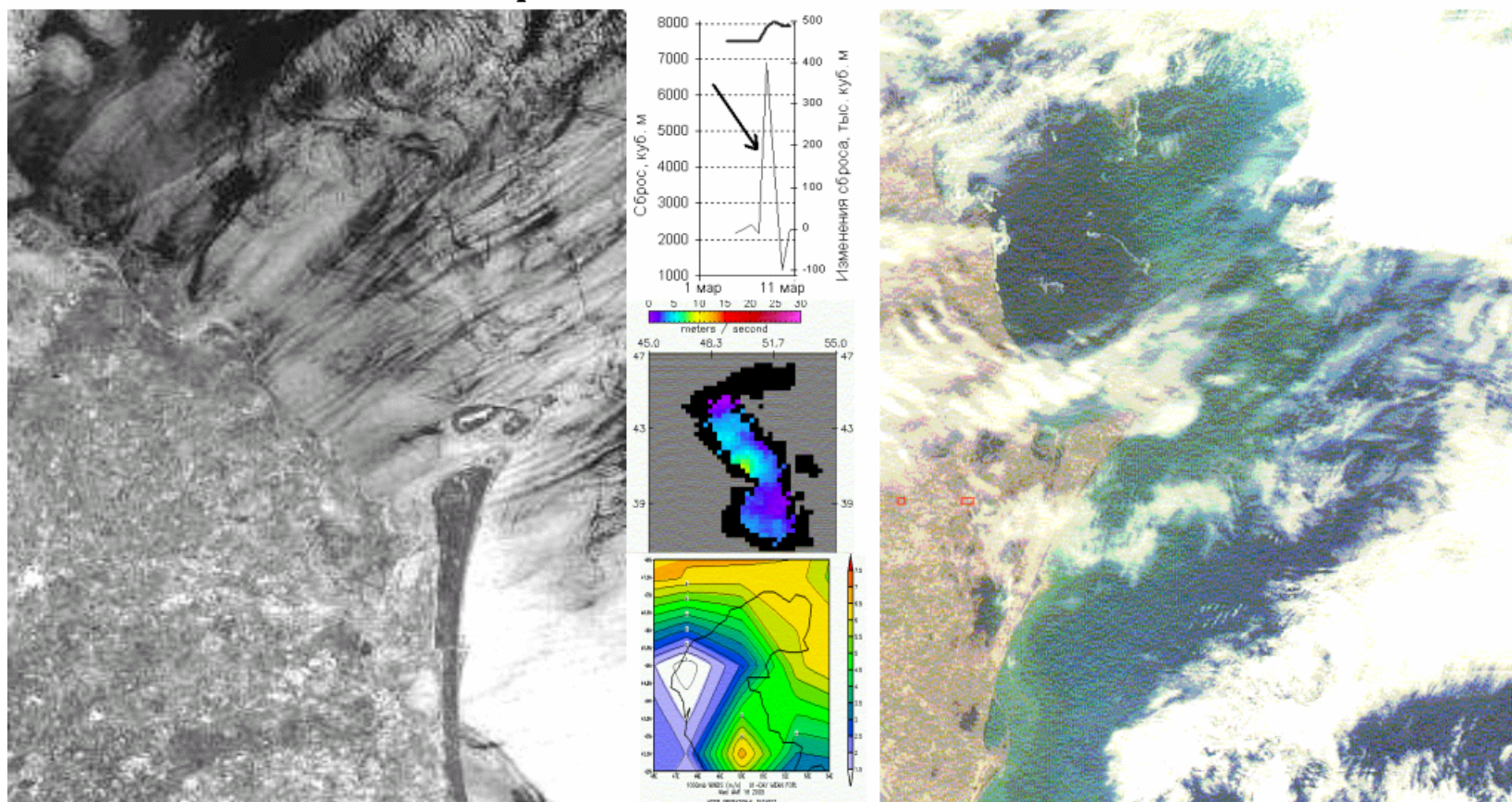


Рис.10. На радиолокационном снимке с ENVISAT [17] (слева) отчетливо видны волновые структуры, обтекающие Аграханский п-ов. На правом снимке с ИСЗ AQWA [18] видна полоса мутных вод, тянущаяся с севера на юг восточнее о-ва Тюлений. По всей видимости, это продолжение распространения стоковой волны из Волго-Каспийского канала по поверхности моря, на радиолокационном снимке этот процесс отражается в виде цуга волн. (На верхней врезке попуск воды с ГЭС в м³ в сек. с 05.03 по 13.03.05 г., стрелкой показан попуск 10.03-11.03.05 г. с Волгоградской ГЭС, воды от которого через 6-7 суток достигли моря; скорость ветра в море 16.03 не превышала 4 м/с; средняя и нижняя врезки – скорость приводного ветра и модуль модельно ветра [21,15]).

Спутниковая и сопутствующая информация о Северном Каспии в период выхода в море суточных стоковых волн.

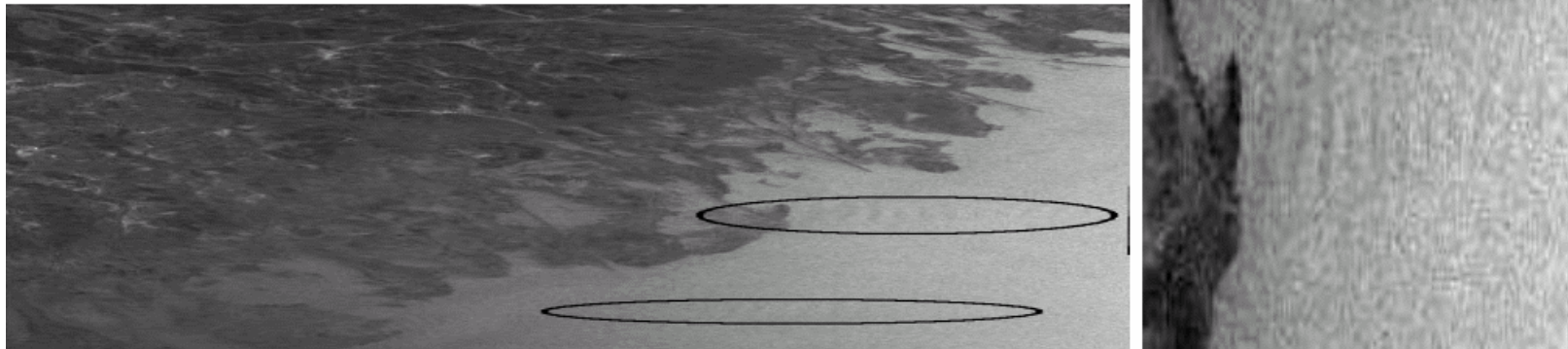


Рис.17. РЛ. снимок 21.01.2005 г. [17], эллипсами обведены цуги волн, идущие от Волжских рукавов и каналов, на врезке дан увеличенный фрагмент верхнего цуга волн.

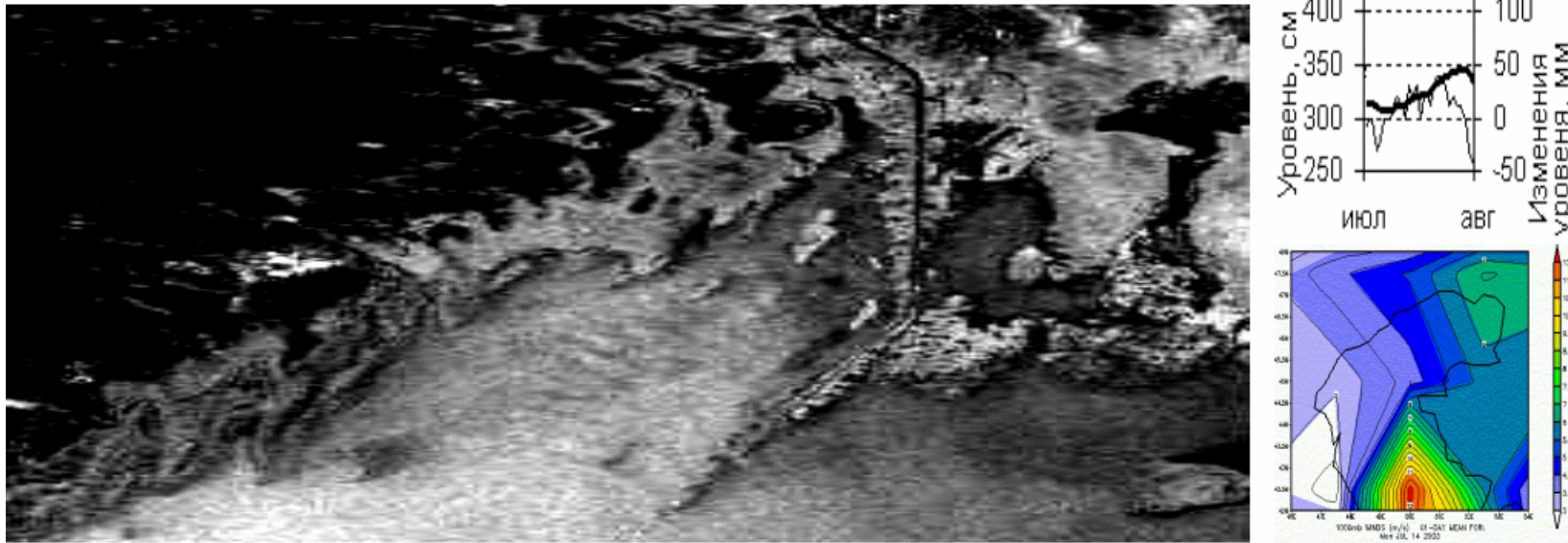


Рис.18. РЛ. снимок 14.07.2003 г. [17] мористой части рукава Бахтемир с цугом волн от него. По видимому, это прохождение суточной стоковой волны (не зарегистрировано пиковых попусков вод – верхняя врезка с 01.07 по 01.08, слабый ветер – нижняя врезка [15]).

Спутниковая и сопутствующая информация о Северном Каспии в период действия сильного – очень крепкого ветра в регионе Северного Каспия (прохождения над морем барических волн)

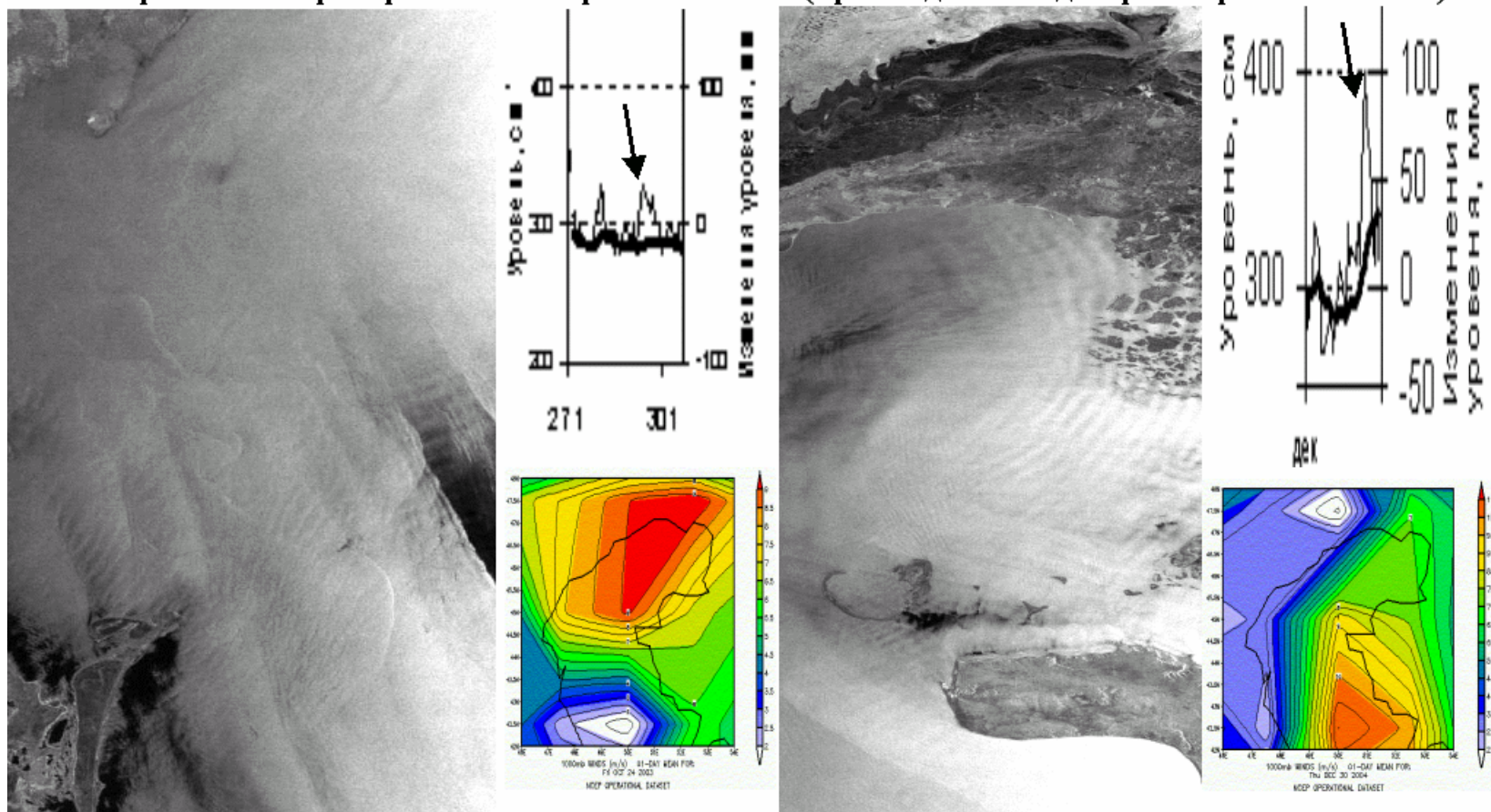


Рис.20. На левом рл. снимке [17] в центре Каспия 24.10.2003 г. видны две структуры волн (на верхней врезке, стрелкой показана небольшая стоковая волна в начале третьей декады октября). Одна структура коротких волн идет со стороны Волги. Другая структура, с длинами волн на порядок больше, идет вдоль дельты Волги, по видимому, это проявление барических волн над Каспием (нижняя врезка). На правом рл. снимке от 30.12.2004 г. [17] наблюдаются волновые структуры, видимо, они обусловлены быстрым изменением поля давления над морем, причем прохождение анемобарической волны (нижняя врезка [15]) совпало с прохождением стоковой волны по морю (см. верхнюю врезку).

Последствия прохождения стоковой волны по Каспию можно видеть и из анализа полей хлорофилла на рис.11 [23]. А именно, повышенное содержание хлорофилла в море наблюдается, как правило, на траверзе волжских каналов. Стоковые волны выплескивают за волжские бары речную воду ускоренно прошедшую биологический фильтр дельты. В результате в море попадает повышенное количество примесей (хлорофилла, гидрозолей, биогенов и нефтяных углеводородов), и по аналогии со льдом, антропогенно обусловленные приращения примесей направляются в зону будущих вышек «Лукойла».

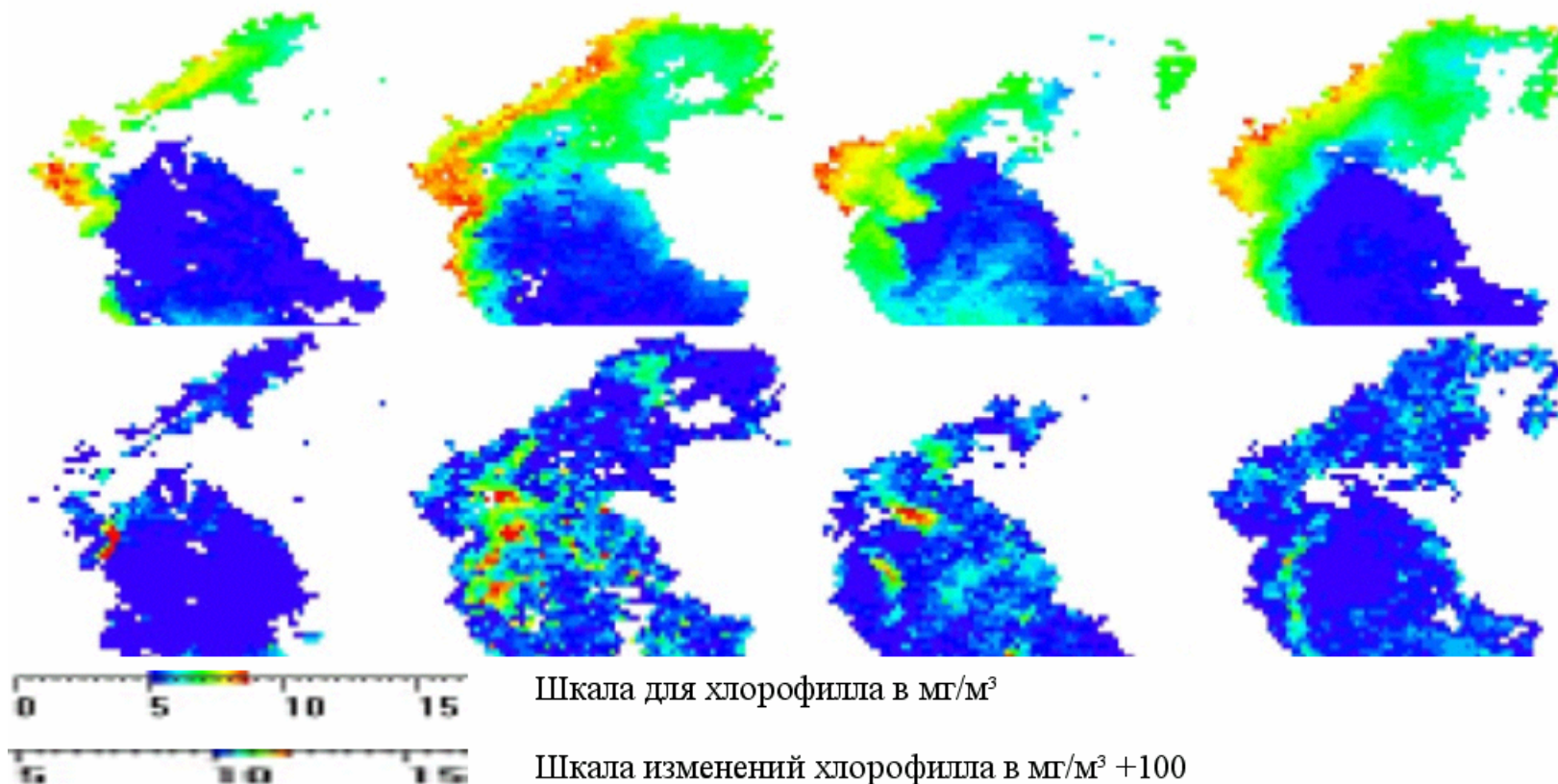


Рис.11. Верхний ряд - содержание хлорофилла в верхней толще вод вне времени прохождения по морю фронта стоковой волны $\pm 1-4$ суток. Дата достижения стоковыми волнами Астрахани 25.03.1999 г., 25.09.1999 г., 06.04.1998 г. и 26.04.2000 г. слева направо [23]. Нижний ряд – разница между максимальной величиной содержания хлорофилла в толще воды через 2-3 суток после даты на верхнем рис. и минимальным содержанием хлорофилла за соседние даны).

Возможные аналогии солевого перемешивания на неприливых взморьях зарегулированных рек.

В работе [1] приведен ход солености на взморье р. Днепра (рис.22). Из его анализа следует, что суточные изменения солености воды на поверхности составляют от 2 до 7 ‰, на дне превышают 6-8 ‰. Очень возможно, что и здесь гидрологические и гидробиологические условия взморья определяет график работы Днепровской ГЭС. Если это так, (следует проанализировать архивные данные уровенных наблюдений и синоптические ситуации в тот период) то и здесь из-за отсутствия механизма демпфирования суточных попусков (за счет совмещения графика работы ГЭС и ТЭЦ, либо создания демпферного водоема после ГЭС) фауна и флора берегов и взморья вместо природных условий воспроизводства ежедневно находятся в стрессовых условиях «критической солености биологических процессов» [13], а берега в условиях обсыхания и эрозии.

Согласно оценкам специалистов ВНИРО выплеск рыбы в старицы и в ямы за бровкой берега приводит к гибели до 30% рыбы за счет обсыхания, выедания птицами и млекопитающими [24]. Таким образом, режим работы Волгоградской ГЭС, включая пиковые попуски с нее, оказывает негативное влияние на биоту моря, что совместно с другими негативными факторами, включая урезанные сроки весенне-летнего половодья приводит к катастрофическому падению популяций рыб в море (см. например, рис.3 [5]).

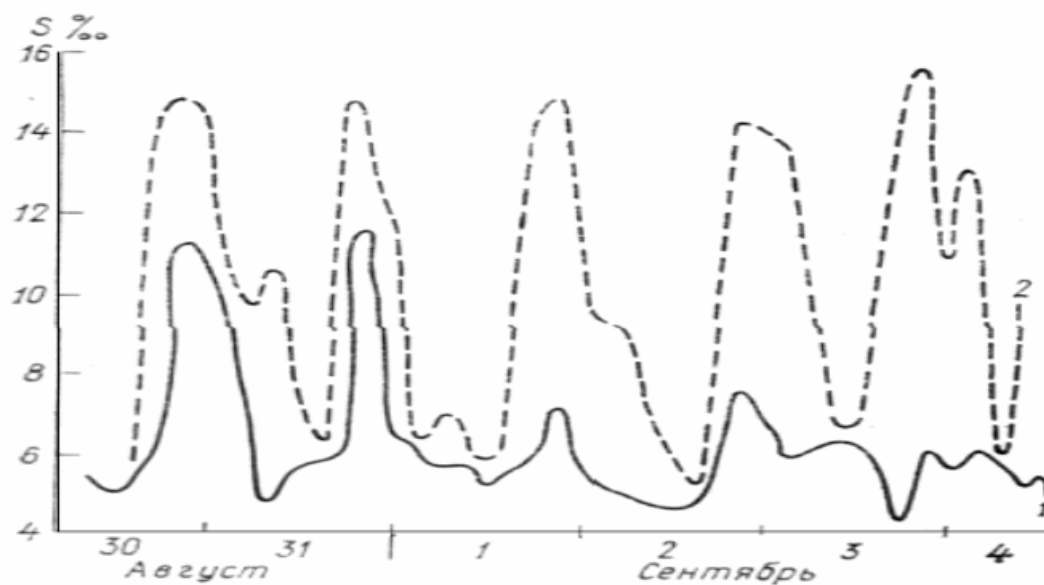


Рис.22. Кратковременные изменения солености воды при расположении слоя скачка солености воды в придонном горизонте на взморье р.Днепра в августе-сентябре [2] (пунктир — дно, непрерывная линия — поверхность).

Моделирование распространения стоковой волны от Волгоградской ГЭС до дельты (раздел Зырянова)

Для оценки возможной изменчивости полученных результатов – трансформации стоковой волны от Волгограда до Среднего Каспия, границ и амплитуд стрессовых для биоты изменений солености в море начато моделирование распространения Волгоградского попуска вниз по Волге и далее в море. Здесь представлены первые результаты моделирования.

Вычислим фазовую скорость и декремент затухания волн попуска. Уравнения движения жидкости на наклонной плоскости имеют вид [1]

$$\begin{aligned}h_t + u h_x + h u_x &= 0, \\u_t + u u_x + g' h_x &= g' S - C_f \frac{u^2}{h},\end{aligned}\tag{1}$$

где h - полная глубина, u - осредненная по глубине скорость течения, C_f - коэффициент сопротивления в квадратичном законе трения, $g' = g \cos \alpha$, $S = \tan \alpha$, g - ускорение свободного падения, α - уклон русла, индексы внизу означают частные производные по этим переменным.

Система (1) допускает стационарное решение в виде (левая часть второго уравнения обращается в нуль)

$$u_0 = \sqrt{\frac{g h \sin \alpha}{C_f}}\tag{2}$$

Подставляя выражение (2) в первое уравнение системы (1), получим уравнение кинематических волн на наклонной плоскости [2]

$$h_t + \frac{3}{2} \left(\frac{g h \sin \alpha}{C_f} \right)^{1/2} h_x = 0\tag{3}$$

откуда получим выражение для фазовой скорости этих волн

$$\sigma = \frac{3}{2} \left(\frac{g h \sin \alpha}{C_f} \right)^{1/2}\tag{4}$$

Таким образом, время добегания волны попуска от Волгоградской ГЭС до Астрахани и до устьевоего взморья можно вычислить, используя соотношение (4). При средней глубине русла ≈ 10 м, $C_f \approx 0.001$, $\alpha \approx 10^{-5}$ получим, что волна попуска достигает Астрахани (расстояние от Волгограда до Астрахани около 500 км.) примерно за 3-4 суток, а сами сбросные воды достигнут Астрахани в соответствии с формулой (2) позже в полтора раза, т.е. примерно за 5-6 суток.

Моделирование распространения стоковой волны от Волгоградской ГЭС до дельты (раздел Зырянова)

Для вычисления декремента затухания волны попуска линеаризуем систему (1) относительно стационарного решения (2). Полагая

$$u = u_0 + w, \quad h = h_0 + \eta$$

и пренебрегая всеми членами выше первого порядка по w и η , получим [2]

$$\eta_t + u_0 \eta_x + h_0 w_x = 0$$

$$w_t + u_0 w_x + g' \eta_x + g' S \left(\frac{2w}{u_0} - \frac{\eta}{h_0} \right) = 0 \quad (5)$$

Исключив w , получим уравнение на возмущение свободной поверхности

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} + c_1 \frac{\partial}{\partial x} \right) \left(\frac{\partial}{\partial t} + c_2 \frac{\partial}{\partial x} \right) \eta + \frac{2g'S}{u_0} \left(\frac{\partial}{\partial t} + c_0 \frac{\partial}{\partial x} \right) \eta = 0 \quad (6)$$

Где $c_1 = u_0 + \sqrt{g'h_0}$, $c_2 = u_0 - \sqrt{g'h_0}$, $c_0 = \frac{3u_0}{2}$.

Ищем решение уравнения (6) в виде $\eta = A \exp[i(kx + \omega t)]$, тогда действительная часть волнового числа k , будет давать длину волны, а мнимая часть – декремент затухания. Подставляя выражение η в (6), получим уравнение второго порядка для волнового числа k

$$(u_0^2 - g'h_0)k^2 + (2u_0\omega - c_0R)k - (\omega R - \omega^2) = 0, \quad (7)$$

где $R = \frac{2g'Si}{u_0}$.

Решая уравнение (7), получим дисперсионное соотношение

$$k = - \frac{(2u_0\omega - c_0R) - \sqrt{(2u_0\omega - c_0R)^2 + 4(u_0^2 - g'h_0)(\omega R - \omega^2)}}{2(u_0^2 - g'h_0)} \quad (8)$$

В выражении (8) взята отрицательная ветвь корня, чтобы декремент затухания имел положительные значения. Действительная часть $\text{Re}(k)$ в (8) будет давать волновые числа, а мнимая часть $\text{Im}(k)$ – декремент затухания.

На рис.1 приведены волновые числа для суточных волн для нескольких значений средних глубин русла (слева) и для декремента затухания суточных волн (справа).

Моделирование распространения стоковой волны от Волгоградской ГЭС до дельты (раздел Зырянова)

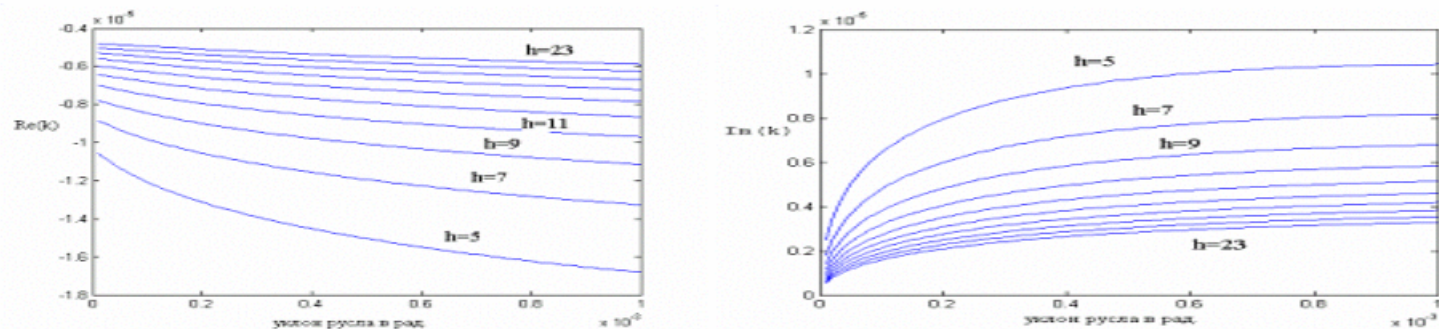


Рис.1. Зависимость волнового числа для суточных волн от глубины русла h и его уклона (слева), декремент затухания суточных волн в зависимости от глубины русла и его уклона (справа).

На основании графиков на рис.1 слева можно вычислить уменьшение амплитуды волны при ее движении от Волгограда до Астрахани. Оценки показывают, что амплитуда уменьшается для средней глубины русла 10 м примерно в 3-4 раза. Последнее означает, что при попусках, приводящих к повышению уровня в нижнем бьефе Волгоградского водохранилища в 1-2 метра повышения уровня в Астрахани следует ожидать около 15-20 см.

Ветер влияет на величину коэффициента сопротивления русла, что в конечном итоге сказывается как на времени добегания волны попуска Волгоградской ГЭС до Астрахани и до устьевоего взморья, так и на длине волны и на декременте ее затухания. Используя полуэмпирическую теорию турбулентности можно показать, что для коэффициента сопротивления C_f имеет место следующая зависимость от ветра

$$C_f = \frac{C_f^0}{\left(1 + \frac{3\tau}{2g\rho_0 h \tan \alpha}\right)^2}, \quad (9)$$

где τ - проекция тангенциального напряжения ветра на осевую линию русла на поверхности воды, $C_f^0 \cong 0.001$ - коэффициент сопротивления русла в отсутствие ветра, ρ_0 - плотность воды. Оценки показывают, что встречный ветер со скоростью 10 м/с может увеличить время добегания волны попуска до Астрахани почти на сутки.

Литература к разделу Моделирование ...

P.G.Baines. Topographic Effects in Stratified Flows. Cambridge Monographs on Mechanics. Cambridge University Press, 1995, 452 p.

Дж. Уизем. Линейные и нелинейные волны. Изд. Мир, М., 1977, 624 с.

ВЫВОДЫ

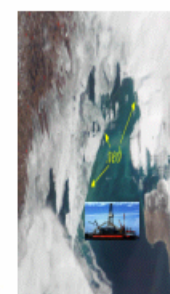
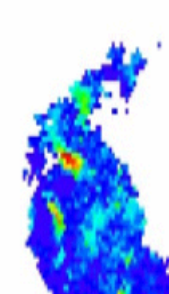
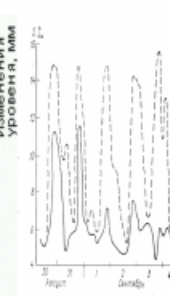
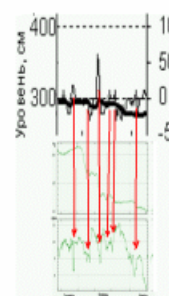
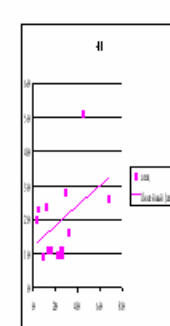
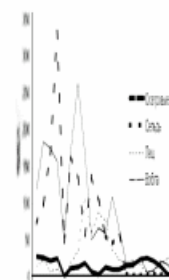
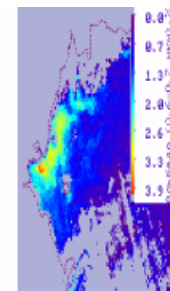
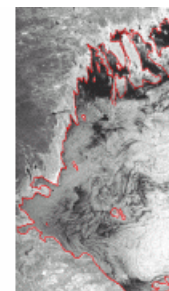
1. По радиолокационным и оптическим изображениям дешифрованы особенности динамики и ареал распространения в море стоковых и сточных вод – основных транспортировщиков в море примесей и загрязняющих веществ, включая нефтяные углеводороды.

Использование спутниковой информации и ее анализ совместно с наземными данными позволил шире, углубленнее взглянуть на состояние окружающей среды.

2. Пиковые попуски воды с ГЭС приводят к скачкообразным, природой не обусловленным, изменениям солености воды, несовместимым с жизнью для значительного числа биота. В результате этого биота устьевого взморья Волги ежедневно находится не в природных условиях воспроизводства, а в стрессовых условиях «критической солености биологических процессов»; берега – в условиях обсыхания и эрозии. Стоковые волны выплескивают на берег рыбу, а в море дополнительное количество примесей и загрязняющих веществ. С пиковыми попусками в конце кварталов и после праздников сбрасывается вода из водохранилищ, так необходимая в половодье для имитации комфортных условий для воспроизводства биоты.

3. Зимними попусками осуществляется антропогенно обусловленная «транспортировка» льда на юг, улучшающая аэрацию Среднего Каспия. Возможно, это единственное, экологически не вредное, воздействие пиковых попусков воды (за исключением весеннего половодья) на гидрологию моря в период потепления приземного воздуха и ТПВ в Каспийском регионе. Для управления этим процессом, следует планировать попуск воды во время значительного развития припая у Волго-Каспийского канала при наличии прогноза об ожидающихся через неделю северных ветрах и морозной погоде. Однако в ближайшие годы в этом регионе появятся нефтегазовые вышки и нефтепроводы «ЛУКОЙЛА» и может получиться «торпедирование» их стамухами и торосами имени РАО ЕС.

Полученные результаты можно уточнять, как для получения более определенных связей-зависимостей между попусками воды и изменениями солености воды, а также других компонент и примесей в воде; разрабатывать рекомендации по вылову рыбы в пределах выделенных квот именно на акваториях, где ожидаются стрессовые условия для рыбы; оценивать интенсификацию размыва берегов, заносимость рыбопропускных и судоходных каналов. Однако очевидно, что необходимо готовить материалы к энергетикам о необходимости демпфирования попусков воды с ГЭС, например, по организации демпферного водоема после ГЭС объемом 3-5 км³.



Литература

1. Экологическая политика ОАО «ЛУКОЙЛ» на Каспийском море // Том.1, Астрахань 2000, 133 с.
2. Полонский В.Ф., Лупачев Ю.В., Скриптунов Н.А. Гидролого-морфологические процессы в устьях рек и методы их расчета (прогноза) // С-П.Гидрометеониздат, 1992, 383 с.
3. Лебедев С.А., А.Г. Костяной Спутниковая альтиметрия Каспийского моря // М. Изд. Центр Мир, 2005, 366 с.
4. Летичевский М.А., Васильченко О. Н., Горюнова В.Н. Итоги и задачи исследований по воспроизводству рыбных запасов в низовьях Волги // Сб. статей. Развитие рыбохозяйственных исследований на Каспии. Астрахань, Нижневолжское книжное издательство, 1980, С.113-126.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей // Том VI, Каспийское море, вып. 2, гидрохимические условия и океанографические основы формирования биологической продуктивности, Санкт-Петербург, Гидрометеониздат, 1996, 323 с.
6. Анисимова И.М., Лавровский В.В. Ихтиология // М. «Агропромиздат», 1991, 288 с.
7. Полонский В.Ф. Методика определения по натурным данным характеристик нагонов в отмелой зоне взморья и в дельте Волги // «Метеорология и гидрология», 2003, №11, С.72-81.
8. Люшвин П.В., Зырянов В.Н., Егоров С.Н., Полонский В.Ф., Коршенко А.Н., Лобов А.Л., Кухарский А.В. Влияние регулирования стока Волги на гидрологию Северного Каспия // Тезисы докладов международного семинара Современные технологии мониторинга и освоения природных ресурсов южных морей 15-17 июня 2005 г., Ростов-на-Дону, Изд. ООО «ЦВВР», 2005, С.104-105.
9. Lyushvin P. V., Egorov S.N., Nikitin P.A. Use of Satellite Data in Monitoring of the Caspian Sea Biota 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment // Saint Petersburg, 2005.
10. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря // РФФИ, 1998, 280 с.
11. Брылев В.А. Опыт классификации антропогенных изменений природных условий некоторых районов Волго-Ахтубинской поймы // Сборник статей под ред. Кубанцева Б.С. и др., Волгоград, 1978, С. 3-7.
12. Ковалев Е.Э. Динамика мелководного взморья в Волги по данным космических съемок // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. М. ООО «Ново-Пресс», 2005, 24 с.
13. Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов // Л. Наука, 1974, 235 с.
14. Осадчих В.Ф. Гидробиологические исследования на Каспии // Сб. статей. Развитие рыбохозяйственных исследований на Каспии. Астрахань, Нижневолжское книжное издательство, 1980, С.48-61.
15. "<http://www.cdc.noaa.gov/histdata/>".
16. Пахомов Л.А., Люшвин П.В., Чернявский Е.Б. Учет искажающего влияния атмосферы при оценке альбедо и температуры поверхности Каспийского моря по данным аппаратуры AVHRR спутников NOAA // Исследование Земли из Космоса, 2004, вып.4, С.68-72.
17. "<http://muis-env.esrin.esa.it/geteolisa/manual.html>
18. "<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/realtime/>".
19. Бухарицын П.И. Исследование Каспийских льдов // http://www.ecoline.ru/books/ed_catalog/chart4/html.
20. "info@infomarc.com".
21. <http://www.ssmi-data.com/>
22. Люшвин П.В. Дешифрирование спектральных измерений с ИСЗ НОАА над Каспийским морем. – «Метеорология и гидрология», 1997, №1, С.75-80.
23. <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>
24. Водные биологические ресурсы северных Курильских островов // Под ред. О.Ф. Гриценко, М.ВНИРО, 2000, 163 с.