

УДК 386.577.3:626.88

НЕКОТОРЫЕ ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА
СОЛЕВОГО СОСТОЯНИЯ АЗОВСКОГО МОРЯМ.Ш.Розенгурт,
Э.Н.АльтманОдесское отделение
Института экономики АН УССР
Севастопольское отделение ГОИИ

Проектируемое зарегулирование стока Кубани для нужд орошения и водоснабжения представляет серьезную угрозу для биологии Азовского моря и сопредельной части Черного моря. Известно (Альтман, 1972; Бронфман, 1972), что с ростом водопотребления в условиях современной связи Азовского моря с Черным, соленость первого увеличится в обозримом будущем до 14-17⁰/оо, что в свою очередь вызовет необратимые явления в режиме моря.

Так, ежегодный расход 8 км³ воды уже сейчас привел к повышению солености на 1,3⁰/оо и значительному сокращению ареалов обитания ценных промысловых рыб, уловы которых уменьшились в 4-6 раз.

Предотвратить осолонение Азовского моря можно тремя способами:

- 1) перебросить в бассейн Азовского моря часть стока северных рек или Дуная;
- 2) изменить компоненты водо-и солеобмена Азовского моря с Черным, создав в Керченском проливе шлюзованную дамбу;
- 3) создать условия стесненного водообмена, встроив в пролив открытый судоходный канал в комбинации с Т-образной дамбой.

Первый способ потребует много времени, а возможные коренные изменения гидрологического облика обширных регионов еще далеко не изучены; второй, по-видимому, приведет к нарушению естественных путей миграции рыб, ухудшению условий судоходства, образованию зон стагнаций в море в результате дефицита кислорода, вызванного резким усилением цветения воды, и т.д.;

третий способ имеет ряд режимных и экономических преимуществ. Он позволит, во-первых, стабилизировать солевой режим моря на современном уровне при условии изъятия 40% стока рек Дона и Кубани; во-вторых, сохранить естественные пути миграции рыб в проливе и, следовательно, улучшить рыбопродуктивность моря и видовой состав рыб; в-третьих, уменьшить вероятность развития зон стагнации и заморов рыб в Азовском море; в четвертых, сохранить существующие и проложить новые судоходные трассы между портами Азово-Черноморского бассейна; в - пятых, заменить существующую громоздкую и дорогостоящую паромную переправу функционирующей круглый год железнодорожной и автомобильной дорогами на основе путепровода над дамбой и проходным каналом.

Таким образом, исследования и прогноз солевого состояния Азовского моря выходят за рамки чисто океанологической задачи, перерастая в исследования экономико-экологической системы. Изучение этой системы и ее отдельных элементов (подсистем) может идти по двум направлениям - концептуальному и параметрическому.

В первом случае проводится анализ и разрабатывается программа построения и развития системы, в которой море и речной сток рассматриваются как элементы национального богатства, определяющего уровень развития приморских производственных комплексов и социально-экономические условия жизни населения. Азовское море можно рассматривать как подсистему в сложной экономико-гидрологической системе "река - Азовское море - Черное море". Это позволяет, следуя принципам системного анализа, определить качественные критерии развития отдельных хозяйственных направлений в условиях сохранения экологического равновесия системы с учетом экономической эффективности основных балансовых компонентов в процессе регулируемого речного стока и солеобмена с морем. Учитывая, что всестороннее исследование такой многоотраслевой системы таит в себе немалые методические трудности, необходимо выделить те черты и режимные элементы системы, анализ которых поможет определить предельно допустимый уровень преобразования гидрологических характеристик Азовского моря.

Данной экосистеме свойственны следующие черты:

1) присутствие гидрологических элементов, способных изменять свое состояние под действием регулируемых (материковый сток) и нерегулируемых (водо-и солеобмен с Черным морем, ветровой режим) факторов;

2) наличие относительно автономных подсистем, находящихся в иерархическом состоянии, для которого характерны многоотраслевые прямые и обратные связи: структурные — на основе стабильно взаимодействующих подсистем и статистические — на основе случайно взаимодействующих подсистем, отражающих статистический характер распределения нагрузок для естественного режима системы, т.е. в условиях экологического равновесия между отдельными звеньями системы;

3) существование противоречий между ирригацией и рыбным хозяйством, ростом промышленного производства и загрязнением среды, прогрессирующим изъятием стока и нарушением гидрографической структуры рек, ухудшением условий судоходства и т.д.

Концептуальный способ исследования в таком виде требует построения открытой структурной модели в виде отдельных блоков подсистем, между которыми можно установить фиксированное отношение с наперед заданными свойствами. Это позволит выделить главные компоненты состояния и дать предварительную экономическую оценку их изменения, в частности исходя из наличия и качества пресной воды и способов ее регулярного поступления в Азовское море.

Соленость Азовского моря здесь выступает как совокупный показатель состояния водоема, для которого характерны строго установленные зависимости солености от речного стока (Бронфман, 1972) при явно выраженных регулятивных факторах, связанных с соленостью Черного моря: отчетливое проявление связей между солевым состоянием и водообменом (с Черным морем) в случаях нарушения взаимодействия типа река-море, т.е. в годы, когда сток реки мал по сравнению с испарением и другими видами расхода воды.

Выделив системное представление объекта, укажем основные процедуры исследования параметров системы (Мелешкин, Розенгурт, 1973):

- а) определение входов и выходов системы;
- б) определение понятия состояния системы и выявление пространства допустимых состояний;

в) установление целей функционирования системы и критериев оценки эффективности;

г) определение структуры системы как совокупности связей и отношений на уровне подсистем.

В качестве входов системы будем рассматривать материковый сток с площади водосбора, а в качестве выходов — каналы взаимодействия с Черным морем как с частью Мирового океана. Под состоянием данной системы будем понимать совокупность характеристик, позволяющих определить среднее равновесное состояние промежуточного звена системы (Азовского моря). Пространство допустимых состояний определяется диапазоном изменчивости основной характеристики моря — его солености. Функционирование данной системы должно привести к пополнению моря веществами биогенного и органического происхождения и поддержанию его солености в стационарном режиме, при котором биологическая продуктивность моря наиболее оптимальна, и к использованию ресурсов системы и отдельных ее звеньев в диапазоне естественной изменчивости основных режимных характеристик.

Исходя из основных свойств системообразующих отношений, выделим три подсистемы: "река — Азовское море", "река — Черное море", "Азовское море — Черное море".

В соответствии с этим структуру данной системы определим как двухуровневую совокупность свойств и отношений между выделенными подсистемами. Системное представление позволит в дальнейшем перейти к моделированию процессов, проходящих на уровне взаимодействия подсистем, оценить качественно выделенные структурные связи. В этом смысле особое значение имеет решение таких задач, которые не только позволяют проникать в сущность явлений, развивающихся в пограничных областях гидросферы типа река — море, но и дают возможность установить взаимосвязь между этими явлениями и хозяйственной деятельностью человека. Здесь, в частности, намечается линия перехода от концептуального к параметрическому способу исследования основных свойств режимных характеристик подсистемы Азовского моря на основе балансовых методов расчета и прогноза солености водоема.

В данной работе решалась задача о движении вод и солеобмене в системе "река - Азовское море - Керченский пролив" при заданном поле ветра и уровне на южном конце пролива, за который принималась южная оконечность Тузловской узости. В основу задачи положена теория течений мелкого моря А.И.Фельзенбаума. Для расчета интегральной циркуляции, течений и рельефа свободной поверхности Азовское море и Керченский пролив аппроксимировались регулярными сетками со сторонами 10 км в Азовском море и 0,5 в Керченском проливе. На границе с проливом задавалось условие склейки функции и ее нормальных градиентов (Альтман, Толмезин, 1970; Альтман, 1972).

Ввиду того что в Керченском проливе, в особенности при регулировании его дамбами с удлинненным каналом, становятся существенными нелинейные эффекты, коэффициент вертикального обмена определяется разностью уровней на концах пролива и его вершины и не зависит от скорости ветра. Для этого были найдены зависимости разностей уровней на постах Феодосия и Мысовое при различных ветрах. Всего использовано 35 ситуаций. Задача решалась для преобладающих за каждый сезон значений ветровых полей, а также для десяти так называемых модельных вариантов, для которых ветер принимался равномерным над всей расчетной областью. В результате расчетов получены поля интегральной циркуляции и течения на отдельных горизонтах, характерные для сезонов. Вычисленный в сужении Керченского пролива водообмен согласуется с эмпирическими данными водообмена, полученными Э.Н.Альтманом (1972). Так же хорошо коррелируют эмпирические и рассчитанные данные превышениям уровней в различных точках моря. На основе расчетных данных о водообмене и величинах солености Азовского и Черноморского потоков установлено время достижения определенного уровня солености собственно Азовского моря для реальных величин обеспеченности суммарного пресного стока (таблица). Этот расчет был выполнен на основе уравнения солевого баланса для неустановившегося режима водообмена в модификации авторов применительно к Азовскому морю.

Расчетные данные показывают, что осолонение Азовского моря при различных величинах изъятия стока будет протекать за относительно большой интервал времени, но в итоге при отрицательном пресном балансе Азовское море превратится в

большой Черноморский залив с соленостью $19^0/00$. Предотвратить это можно не только строительством шлюзованной плотины, но и устройством, позволяющим ограничить солеобмен между Черным и Азовским морями. Чтобы определить, как будет меняться водообмен при сужении пролива дамбами с проходным каналом различной длины и ширины, были проведены аналогичные расчеты при дамбах с проходными каналами длиной 1, 4 и 6 км при ширине 1 и 2 км.

Время (t , годы) установления солености Азовского моря (S , $0/00$) при различной обеспеченности (P , %) суммарного пресного стока (W_p , км³) и составляющих водообмена Азовского (W_1 , км³) и Черноморского (W_2 , км³) потоков

P	W_p	\sim	W_1	W_2	S	t
75	31	10,62	44,90	34,52	13,5	6,5
90	26	5,52	41,59	35,91	15,8	15,0
95	24	3,48	40,26	35,56	17,0	20,0

Все варианты расчетов выполнены на моделях. Найдено, что при ширине канала 1 км водо- и солеобмен уменьшатся в зависимости от длины канала в 3,6-7,2 раза. Соленость Азовского моря при этом не будет превышать $11,5^0/00$ даже для условий стока 75-90%-ной обеспеченности. Однако такой путь решения проблемы моря возможен только в том случае, если будут учтены все необходимые предпосылки для внедрения гибкой политики приоритета в развитии отдельных конкурирующих элементов системы, находящихся в определенной иерархической подчиненности. В частности, для бассейна Азовского моря, где четко сформировался аграрно-промышленный комплекс, целесообразно выделить и развивать те отрасли народного хозяйства, в которых примат основных средств производства и их развития не приведет к углублению необратимых явлений в режиме всей системы "река - Азовское море - Черное море".

Л и т е р а т у р а

- А л ь т м а н Э.Н., Т о л м а з и н Д.М. Метод расчета течений и водообмена в Керченском проливе. - "Океанология", 1970, № 3, с.438-447.
- А л ь т м а н Э.Н. Исследования водообмена между Черным и Азовским морями. - "Сборник работ ЛЮМ ГОИН", 1972, вып.2, с.5-47.

- Б р о н ф м а н А.М. Современный гидролого-гидрохимический режим Азовского моря и возможные его изменения. - "Труды АЗНИИРХ", вып.10, с.20-41.
- М е л е ш к и н М.Т., Р о з е н г у р т М.Ш. Об экологическом равновесии систем река-лиман-море и повышении их народнохозяйственной эффективности. - "Водные ресурсы", 1973, № 4, с.68-82.

Some principles of the system analysis and salinity forecasts in the Azov Sea.

M.Sh.Rozengurt, E.N.Altman

S u m m a r y

Based on the system representation on isolation of structural relations and a solution to the equation of water salinity balance in association with conventional oceanological methods some evidence has been obtained allowing for making an assumption that if the fresh-water balance is negative the Azov Sea would turn to a gulf of the Black Sea, with the salinity of 18-19‰.

Salinity in the Azov Sea can be regulated if the strait becomes more narrow owing to the construction of dams since the water- and salt-exchange is dependent upon the width and length of the maritime canal.